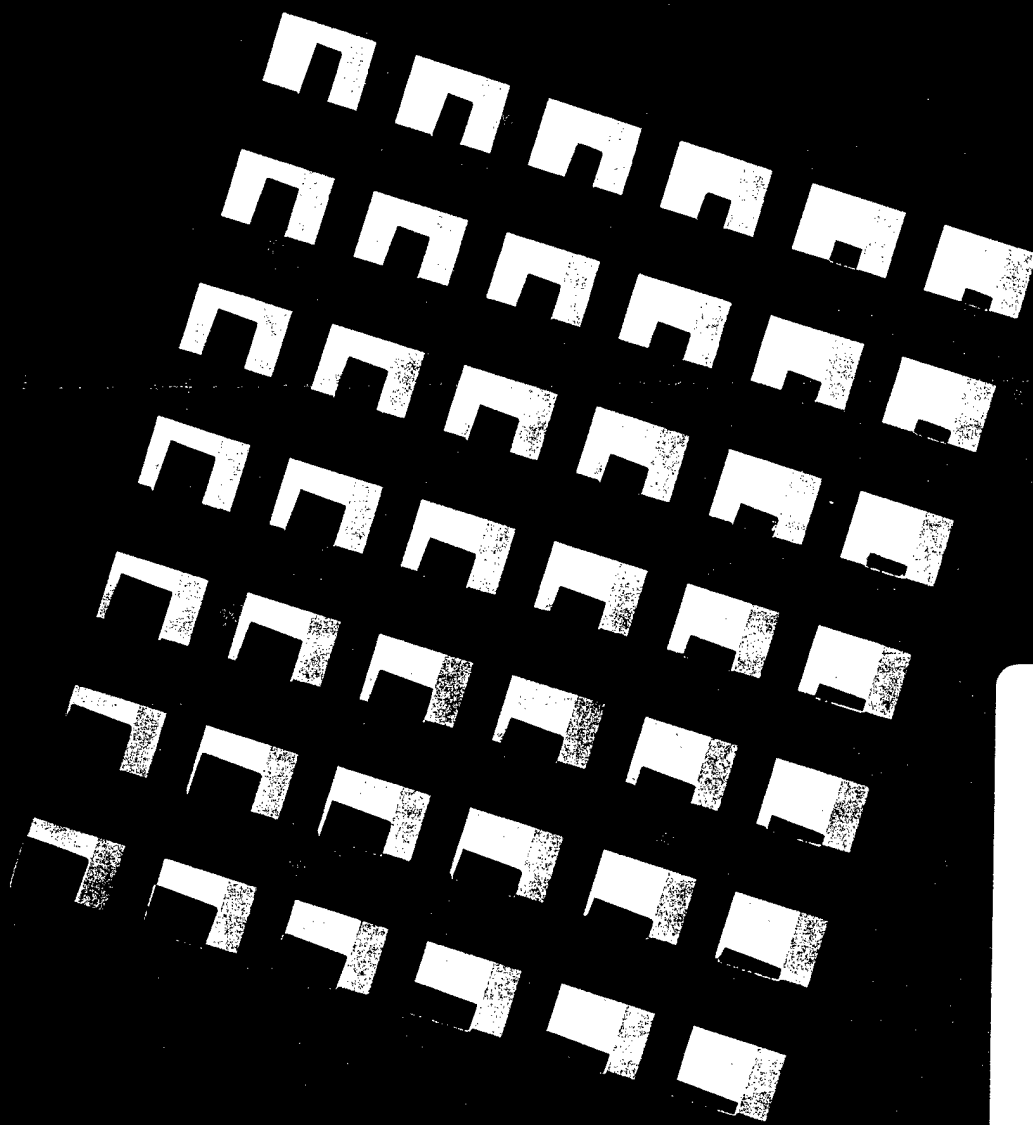


TNO-rapport
FEL-98-A014

Gedistribueerde Interactieve Simulatie: Van DIS naar HLA

TNO Fysisch en Elektronisch
Laboratorium



19980626 029



TNO-rapport
FEL-98-A014

Gedistribueerde Interactieve Simulatie: Van DIS naar HLA

TNO Fysisch en Elektronisch
Laboratorium

Oude Waalsdorperweg 63
Postbus 96864
2509 JG 's-Gravenhage

Telefoon 070 374 00 00
Fax 070 328 09 61

Datum
februari 1998

Auteur(s)
Drs. R.J.D. Elias
Ir. W.G. de Jong

DISTRIBUTION STATEMENT A

Approved for public release;
Distribution Unlimited

Rubricering
Vastgesteld door : Ing. F.J. Remmerswaal
Vastgesteld d.d. : 6 februari 1998

Titel : Ongerubriceerd
Managementuittreksel : Ongerubriceerd
Samenvatting : Ongerubriceerd
Rapporttekst : Ongerubriceerd
Bijlage A : Ongerubriceerd

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
Algemene Voorwaarden voor onderzoeks-
opdrachten aan TNO, dan wel de
betreffende terzake tussen partijen
gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Exemplaar nr. : 12
Oplage : 42
Aantal pagina's : 68 (incl. bijlage,
excl. RDP & distributielijst)
Aantal bijlagen : 1

© 1998 TNO

DTIC QUALITY INSPECTED 1

TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium is onderdeel
van TNO Defensieonderzoek waartoe verder behoren:

TNO Prins Maurits Laboratorium
TNO Technische Menskunde



Nederlandse Organisatie voor toegepast-
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

Managementuittreksel

Titel : Gedistribueerde Interactieve Simulatie:
Van DIS naar HLA
Auteur(s) : Drs. R.J.D. Elias, Ir. W.G. de Jong
Datum : februari 1998
Opdrachtnr. : A95KL841
IWP-nr. : 758
Rapportnr. : FEL-98-A014

In 1995 is door het US Defense Modeling and Simulation Office (DMSO) het startschot gegeven voor de ontwikkeling van een generieke architectuur, de *High Level Architecture* (HLA), met als doel het bevorderen van interoperabiliteit tussen simulaties en van hergebruik van simulaties. Deze architectuur zal de basis gaan vormen voor alle simulatie activiteiten binnen de US DoD. De DIS IEEE 1278 standaarden, die de afgelopen jaren als basis hebben gediend voor gedistribueerde interactieve simulatie, zullen gaan wegebben en worden vervangen door de nieuwe HLA standaarden. De HLA vloeit voort uit de ervaringen die opgedaan zijn met bestaande standaarden als DIS en ALSP. Voor toekomstige simulatie systemen is het zaak om de blik op HLA te richten, o.a. om internationale interoperabiliteit op lange termijn te waarborgen.

De *Run-Time Infrastructure* (RTI) is de basis communicatie laag van de HLA die uitwisseling van informatie tussen simulatie applicaties verzorgt op basis van een gestandaardiseerde interface specificatie. Het data distributie mechanisme van de RTI biedt de gebruiker diverse vormen van informatie filtering om de communicatie van irrelevante data te voorkomen en de netwerk performance te maximaliseren. Een aantal implementaties van de RTI is reeds gerealiseerd, waaronder de DMSO RTI versie 1.0 die vrij verkrijgbaar is. Zowel qua functionaliteit als performance is deze versie een behoorlijk volwassen RTI implementatie, maar aangezien de source code niet vrij gegeven is en slechts een beperkt aantal computer platformen ondersteund worden, heeft het gebruik van de DMSO RTI zijn beperkingen.

HLA applicaties wisselen informatie uit in de vorm van *objects* en *interactions*. Een object representeert b.v. een voorwerp in de virtuele omgeving. Een interactie is een unieke, tijdgebonden gebeurtenis. Aangezien de HLA standaarden geen uitspraak doen over de semantiek van de uit te wisselen informatie, wordt deze vastgelegd in een *Federation Object Model* (FOM). De FOM is een 'contract' tussen de deelnemende applicaties met een specificatie van de uit te wisselen informatie. Omdat federates binnen een toepassingsdomein vaak dezelfde soort informatie uitwisselen, is het concept *Reference FOM* geïntroduceerd. Een *Reference FOM* beschrijft een generieke data structuur voor een bepaald applicatie-

domein. De FOM ontwikkelaar kan de Reference FOM verfijnen voor zijn specifieke eisen. De *Real-time Platform-level Reference Federation Object Model* (RPR-FOM) is een voorgestelde data structuur die de inhoud van de reeds bestaande DIS PDU's beschrijft in de vorm van een object en interaction class hiërarchie. De RPR-FOM zal een belangrijk hulpmiddel zijn bij de migratie van DIS naar HLA voor real-time, human-in-the-loop simulaties van platform entiteiten (zoals tanks en vliegtuigen).

Het *Advanced Simulation Framework* (ASF) vormt de basis voor de ontwikkeling van gedistribueerde simulatie applicaties binnen de TNO-FEL *Electronic Battlespace Facility* (EBF). De EBF biedt een infrastructuur voor onderzoek naar en toepassing van gedistribueerde interactieve simulatie technologieën. Het ASF schermt de applicatie ontwikkelaar af van standaarden zoals DIS en HLA d.m.v. een generiek interface. Het ASF vormt als het ware een laag ('*middleware layer*') tussen de simulatie applicatie en de onderliggende gedistribueerde simulatie standaarden. Deze opzet vergemakkelijkt migraties naar nieuwe standaarden zonder ingrijpende aanpassingen van de simulatie applicatie zelf.

Dit rapport is een tussenrapportage en beschrijft de recente ontwikkelingen op het gebied van de HLA, RTI en RPR-FOM. Tevens beschrijven we de integratie van deze standaarden en technologieën in het door TNO-FEL ontwikkelde ASF. De belangrijkste conclusie van het onderzoek is dat de HLA ontwikkeling op volle toeren draait en in de US als basis voor alle simulatie- en modelleer-activiteiten wordt geaccepteerd. Het onderzoek naar gedistribueerde simulatie zal worden voortgezet met o.a. een performance analyse van de RTI en de migratie van een DIS simulator prototype naar HLA.

Inhoud

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Introductie | 5 |
| 2. | High Level Architecture | 6 |
| 2.1 | Inleiding | 6 |
| 2.2 | HLA Rules | 7 |
| 2.3 | HLA Object Model Templates | 7 |
| 2.4 | HLA Interface Specification | 8 |
| 2.5 | Data Distribution Management | 9 |
| 3. | Run-Time Infrastructure | 11 |
| 3.1 | Inleiding | 11 |
| 3.2 | Implementaties | 11 |
| 3.3 | RTI 1.0 Architectuur | 12 |
| 3.4 | Multicasting | 16 |
| 4. | Real-time Platform-level Reference FOM | 17 |
| 4.1 | Inleiding | 17 |
| 4.2 | RPR-FOM Object Class Structure | 18 |
| 4.3 | RPR-FOM Interaction Class Structure | 20 |
| 4.4 | RPR-FOM Ontwikkelingen | 21 |
| 5. | Advanced Simulation Framework | 22 |
| 5.1 | Electronic Battlespace Facility | 22 |
| 5.2 | ASF Software Architectuur | 22 |
| 5.3 | DIS2 ObjectServer | 23 |
| 5.4 | HLA ObjectServer | 24 |
| 5.5 | Helicopter Simulatie Applicatie | 25 |
| 6. | Conclusies | 27 |
| 7. | Afkorting | 30 |
| 8. | Referenties | 31 |
| 9. | Ondertekening | 32 |
| | Bijlage | |
| A | RPR-FOM 0.1.7 | |

1. **Introductie**

Dit rapport is een (tussen)rapportage van het project 'Kennisonderhoud DIS/HLA' (A95KL841) en een vervolg op eerdere rapportages, presentaties en demonstraties over het onderwerp *Advanced Distributed Simulation Technology*.

Dit rapport is gericht op de ontwikkelingen van de *High Level Architecture* (HLA), met name op het technische vlak, gedurende het afgelopen jaar. Het HLA initiatief is medio 1995 gestart door het US Defense Modeling and Simulation Office (DMSO) en behelst de ontwikkeling van een generieke architectuur voor alle modelleer- en simulatie-activiteiten. HLA vloeit voort uit de ervaringen opgedaan met bestaande standaarden als *DIS* en *ALSP*. In de *Simulation Interoperability Workshop* (SIW) in Orlando, Florida worden twee keer per jaar de bevindingen en nieuwe ontwikkelingen rond HLA gepresenteerd. Deze workshop, de opvolger van de DIS workshop, wordt gehouden onder auspiciën van de *Simulation Interoperability Standards Organization* (SISO).

Hoofdstuk 2 geeft een beknopte beschrijving van de HLA standaarden en zijn componenten. In hoofdstuk 3 presenteren we de huidige stand van zaken rond de *Run-Time Infrastructure* (RTI), het 'hart' van HLA dat de communicatie tussen simulatie applicaties tot stand brengt. In hoofdstuk 4 schetsen we de activiteiten rond de migratie van de DIS standaard naar HLA. Het *Advanced Simulation Framework* (ASF) is een TNO-FEL software architectuur voor de ontwikkeling van gedistribueerde simulatie applicaties. De gerealiseerde koppeling tussen het ASF en de HLA RTI wordt beschreven in hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6 trekken we een aantal conclusies en Bijlage A bevat de volledige *Real-time Platform Reference FOM* (RPR-FOM), versie 0.1.7.

2. High Level Architecture

2.1 Inleiding

Het doel van de HLA is tweeledig: *interoperabiliteit* tussen simulatie modellen en *hergebruik* van simulatie modellen.

De HLA standaard omvat drie onderdelen: de *HLA Rules*, de *HLA Interface Specification* en de *Object Model Templates*. Dit rapport zal deze onderdelen slechts beknopt beschrijven aangezien dit in de vorige rapportage ([FEL96A273]) reeds uitvoerig gedaan is (m.u.v. data distribution management). Alvorens verder in te gaan op de onderdelen van de HLA standaard, omschrijven we eerst een aantal termen:

Federate

HLA-compliant applicatie b.v. een simulator, data logger, semi-automatic forces generator, simulation management tool of presentatie gereedschap zoals 3D-Stealth of Audio server.

Federation

Verzameling van participerende *federates* die een applicatie-domein vertegenwoordigen. Deze federates moeten zich houden aan de Federation Object Model (FOM) die voor deze federation is opgesteld.

Federation Object Model (FOM)

Contract tussen federates die alle toegestane informatie uitwisseling tussen de federates vastlegt. De FOM is samengesteld uit delen van de SOM's van de participerende federates.

Simulation Object Model (SOM)

De SOM specificeert de 'capabilities' en 'requirements' van een individuele federate, d.w.z. welke data zal de federate genereren en welke data heeft de federate nodig.

Object

Entiteit met unieke identificatie en eigen status binnen de federation. De status van een object wordt bepaald door de huidige waarden van zijn attributes. Objecten worden formeel vastgelegd in de SOM en FOM.

Object Model Template (OMT)

Gestandaardiseerde formaten, in de vorm van tabellen, voor het beschrijven van de SOM en de FOM.

Attribute

Karakteristieke eigenschap van een object, b.v. positie of snelheid. De attribute waarden worden door de federates uitgewisseld conform de FOM.

Interaction

Unieke, tijdgebonden gebeurtenis (event) in de federation die uitgewisseld wordt door de federates conform de FOM. De interaction wordt beschreven aan de hand van een aantal parameter waarden.

Federation execution

Het verloop van de federation oefening. Zolang minstens 1 federate actief is, bestaat de federation execution.

2.2 HLA Rules

De *Rules* vormen een verzameling van technische principes en afspraken waaraan HLA deelnemers zich moeten houden om *HLA-compliant* te zijn. De Rules bestaan uit 5 *federation rules*, regels die slaan op de verzameling van applicaties die tot een bepaald simulatie applicatie-domein behoren, en 5 *federate rules*, regels die op de simulatie applicaties zelf slaan. Twee voorbeelden van Rules zijn:

Federation Rule 1:

Elke federation moet een Federation Object Model (FOM) hebben, conform de gestandaardiseerde formaten van de Object Model Templates (OMT).

Federate Rule 1:

Elke federate moet een Simulation Object Model (SOM) hebben, conform de gestandaardiseerde formaten van de Object Model Templates (OMT).

2.3 HLA Object Model Templates

De Object Model Templates zijn gestandaardiseerde formaten die gebruikt worden om de 'capabilities' en 'requirements' van alle deelnemende simulatie modellen te specificeren. De volgende vijf templates worden gebruikt om de SOM en de FOM op te stellen:

- Object Class Structure Table
Beschrijving van de object class-subclass relaties.
- Interaction Class Structure Table
Beschrijving van de interaction class-subclass relaties.

- Attribute Table
Specificatie van alle object attributen.
- Parameter Table
Specificatie van alle interaction parameters.
- FOM/SOM Lexicon
Definitie van alle termen in bovengenoemde tabellen.

Bijlage A bevat een formele beschrijving van de RPR-FOM 0.1.7 op basis van de HLA Object Model Templates.

2.4 HLA Interface Specification

De Interface Specification is een formele, functionele beschrijving van het interface tussen enerzijds de HLA applicatie en anderzijds de Run-Time Infrastructure (RTI). RTI versie 1.0 van DMSO ondersteunt Interface Specification 1.1. Deze specificatie biedt functies voor de volgende RTI *services*:

1. Federation Management
Functies voor het creëren, verwijderen, onderbreken en hervatten van federation executions.
2. Declaration Management (DM)
Een HLA federate deelt de federation mede welke *type* object- en interaction-informatie hij tijdens de oefening gaat produceren d.m.v. *publication*. Tevens abonneert elke federate zich op informatie die voor hem relevant is d.m.v. *subscription*. Zo zal de RTI alleen relevante informatie doorgeven aan de federate en irrelevante informatie negeren. Zowel publications als subscriptions kunnen tijdens de oefening dynamisch gewijzigd worden. Het doel van DM is om de benodigde communicatie bandbreedte te beperken, door alleen relevante data te distribueren.
3. Object Management
Functies voor het uitwisselen van object- en interaction data. De RTI bewaart object attributes en interaction parameters niet intern, maar fungeert als communicatie mechanisme tussen de HLA federates. De RTI bewaart wel sommige object informatie voor de interne boekhouding, zoals object ID's en ownership data.
4. Ownership Management
Elk object wordt in principe beheerd door de federate die het object geïnstanceerd heeft. Het is echter mogelijk de 'ownership' van object attributen over te dragen aan andere federates, of 'ownership' van bepaalde attributen aan te

vragen. Een praktisch voorbeeld hiervan is een tanksimulator die uitgerust wordt met een nieuw, geavanceerder bewegingsmodel. Dit bewegingsmodel is een aparte federate die eigenaar wordt van de positie-attribute van het tank object en zo de actuele positie kan specificeren.

5. Time Management

Aangezien HLA een breed scala van toepassingsgebieden moet ondersteunen, zowel event-driven (b.v. ALSP) als time-driven (b.v. DIS), biedt HLA meerdere time management mechanismen. Deze zijn gebaseerd op twee orthogonale factoren: "*time regulated*" en "*time constrained*". Time regulated wil zeggen dat *time advances* in de federation centraal gecoördineerd zijn. De federate bepaalt dus mede wat de simulatie tijd van de hele federation is. Time constrained, ook wel *paced* genoemd, wil zeggen dat de simulatie tijd van een federate gerelateerd is aan de muurklok (b.v. voor human-in-the-loop simulatie), terwijl unconstrained federates zelf hun voortgang bepalen (b.v. as-fast-as-possible). In het geval van een time constrained federate zal de RTI alleen berichten aan de federate doorgeven met een timestamp kleiner (dus ouder) dan de federate time. Time regulating zegt dus iets over de voortgang van de *federation time*, terwijl time constrained iets zegt over de voortgang van de *federate time*.

6. Data Distribution Management (DDM)

Behalve filtering op informatie *type* zoals beschreven in Declaration Management, biedt de Interface Specification ook de mogelijkheid te filteren op *object attribuut waarden*. Aangezien DDM niet in Interface Specification 1.0 zat en niet in de vorige rapportage is beschreven, gaan we er hier wat dieper op in.

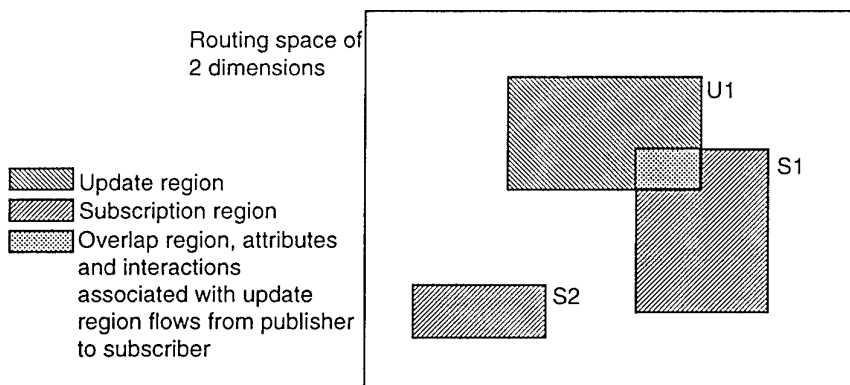
2.5 Data Distribution Management

Interface Specification 1.1 biedt een set van services om efficiënte data distributie binnen de federation te realiseren teneinde de benodigde communicatie bandbreedte te beperken. Deze data distributie is gebaseerd op het concept van *routing spaces*. Een routing space is een abstrakt, logisch multi-dimensionaal coördinaten systeem in welke de federates hun interesses beschrijven, voor het ontvangen of voor het zenden van bepaalde informatie. Binnen de federation kunnen een aantal routing spaces gedefinieerd worden met op de assen van het coördinaten systeem de variabelen. Elke routing space is uniek identificeerbaar.

Zoals eerder vermeld kan m.b.v. Declaration Management geselecteerd worden op informatie *type*. Routing spaces worden gebruikt om de distributie condities te specificeren voor het zenden of ontvangen van informatie (objects en interaction data) op basis van *object attribute* waarden en *interaction parameter* waarden. Elke federate bepaalt welke routing spaces voor hem van belang zijn en definieert *regions*, logische gebieden van de routing space die voor de federate interessant

zijn, door voor elke dimensie begrenzingen (*extents*) op te geven. Door een *subscription region* te koppelen aan een object instantie of interaction class geeft de federate aan dat hij alleen informatie wil ontvangen die voldoet aan de object attribute grenzen en interaction parameter grenzen zoals in de region gedefinieerd. Een *update region* geeft aan dat de federate informatie zal genereren binnen de gedefinieerde begrenzingen. Regions kunnen dynamisch worden aangepast en koppelingen met objecten/interactions kunnen worden veranderd. De RTI zal data distribueren op basis van overlapping van subscription- en update regions. Als er geen overlap is, betekent het dat er geen interesse is in de gegenereerde informatie, m.a.w. de data hoeft niet gedistribueerd te worden. Ook object attributen die zelf *niet* uitgewisseld worden kunnen dienst doen als routing space variabelen. Elke federate kan meerdere subscription- en update regions creëren. Een object attribute mag in maximaal 1 routing space voor komen, zodat geen conflicterende situaties kunnen ontstaan met verschillende extents voor dezelfde attribute in meerdere routing spaces.

Figuur 1 toont een voorbeeld van DDM met 1 update region (U1) en 2 subscription regions (S1 en S2). Aangezien U1 en S1 deels overlappen zullen attributen en interactions die met U1 geassocieerd zijn verstuurd worden naar de federate die subscription region S1 gecreëerd heeft. Omdat er geen overlap is tussen U1 en S2 zal de federate die S2 gecreëerd heeft geen data ontvangen.



Figuur 1 Routing space voorbeeld

DDM filtering op basis van routing spaces en Declaration Management filtering op basis van subscriptions en publications kunnen elkaar tegenspreken. In dat geval hebben de DDM filter criteria de hoogste prioriteit. Er wordt nog door de RTI ontwikkelaars onderzoek gedaan naar Data Distribution Management en de relatie met Time Management. Daarom doet de Interface Specification 1.1 nog geen uitspraak over het precieze tijdstip dat een DDM service effect zal hebben.

3. Run-Time Infrastructure

3.1 Inleiding

De Run-Time Infrastructure (RTI) is de general-purpose software module die de services, zoals vastgelegd in de HLA Interface Specification, implementeert. De RTI kan men vergelijken met een gedistribueerd operating system dat de applicatie bepaalde diensten biedt om informatie uit te wisselen met andere applicaties (federates).

De RTI fungeert als een doorgeefluik voor de uitwisseling van informatie tussen federates. De RTI bewaart zelf geen object attributes, dit is de taak van de federate. Het data distributie mechanisme van de RTI biedt de gebruiker diverse vormen van informatie filtering om de communicatie van irrelevante data te voorkomen en de netwerk performance te maximaliseren.

3.2 Implementaties

De eerste versie van de RTI (F.0) was een prototype gebaseerd op CORBA 1.0 [CORBA]. Vervolgens is er ook een prototype in C++ gebouwd. Deze prototypes bevatten een subset van de Interface Specification 1.0 en richtten zich voornamelijk op volledigheid van functionaliteit en nog niet op een maximale performance van de RTI.

De ontwikkeling van een RTI implementatie is nu onderverdeeld in twee fases. De eerste fase richt zich op de ontwikkeling van RTI 1.0 om de technische haalbaarheid van het RTI concept aan te tonen. Deze RTI implementatie wordt gesponsord door DMSO en is als library vrij verkrijgbaar op het internet. De source code van de RTI is niet vrij gegeven. RTI 1.0 implementeert alle HLA Interface Specification 1.1 services *behalve* Data Distribution Management (DDM). Implementatie van Interface Specification 1.2 is stop gezet en de volgende RTI implementatie, rond maart 1998, zal alle Interface Specification 1.3 services ondersteunen. De tweede fase behelst de ontwikkeling van RTI 2.0 door de industrie.

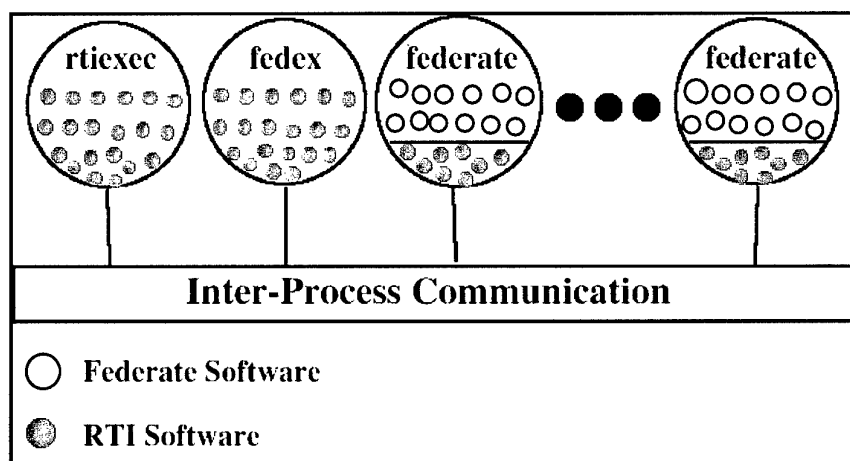
De RTI 1.0 is voor de volgende computer platforms verkrijgbaar:
Sun/Solaris 2.x, SGI/Irix 6.x, Windows NT, IBM AIX 4.1.5 en HP-UX B10.20.

We hebben geëxperimenteerd met RTI versie 1.0.2 met een C++ interface. Behalve C++ is er ook een Ada en Java versie. De Ada RTI versie is een schil om de C++ implementatie, de Java versie is geheel in Java geschreven. De distributie software van de C++ versie beslaat ca. 55 Mbyte inclusief demo programma's. Per federate is ca. 10 tot 15 Mbyte geheugen nodig voor de RTI federate library. De HLA federates draaiden op een Sun SPARCserver-1000 onder Solaris 2.5 [RTI].

RTI 1.0 is reeds door de HLA community uitvoerig getest met grote variëteit aan applicaties. Een federation met 500 objecten, gedistribueerd over 8 federates met ca. 200 updates/sec per federate is al met succes gedemonstreerd op basis van Ultra Sparc 2 processors in een LAN. T.o.v. de RTI F.0 is de performance enorm verbeterd. Over update latencies is nog niet veel bekend.

3.3 RTI 1.0 Architectuur

Figuur 2 geeft schematisch de componenten van de architectuur weer.

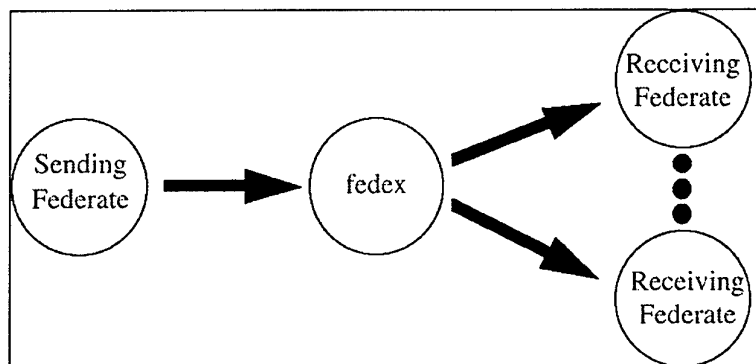


Figuur 2 RTI 1.0 Architectuur

RTI 1.0 is een gedistribueerd systeem dat uit 3 hoofdcomponenten bestaat:

- **RTI Executive (rtiexec)**
Globaal proces dat de creatie en destructie van federation executions beheert. De RTI Executive is het eerste aanspreekpunt voor een initialiserende federate en voorziet de federate met een *handle* naar de federation execution. Via deze handle kan de federate met het fedex process communiceren. De RTI Executive kent ook een *multicast group* toe aan een federation execution voor de communicatie van best-effort data op basis van unreliable UDP/IP.
- **Federation Executive (fedex)**
Globaal proces per federation execution dat 'joining' en 'resigning' van federates afhandelt. De Federation Executive fungeert als een 'information exploder' voor de communicatie van reliable data op basis van TCP/IP (Figuur 3) door de data van 1 ontvanger naar meerdere ontvangers te distribueren. Dit globale proces wordt automatisch opgestart door de eerste federate die een federation creëert. Het proces termineert als alle federates de federation hebben verlaten.

- RTI federate library
Deze wordt meegelinkt met de federate code en bevat de implementatie van de interface naar de HLA 1.1 services. De federate activeert de HLA services door calls in deze library.



Figuur 3 Reliable data communicatie

Het interface tussen de federate en de RTI bestaat uit twee classes: de *RTIambassador* en de *FedAmbassador*. Communicatie tussen de federate en RTI is bi-directioneel: data van federate naar RTI en data van RTI naar federate. De *RTIambassador* class bevat alle functionaliteit die de federate nodig heeft om met de RTI te communiceren b.v. voor het verzenden van object attribute updates. De *FedAmbassador* class bevat een interface voor de RTI om met de federate te communiceren b.v. voor het doorgeven van binnenkomende, door andere federates gegenereerde, attribute updates. Het is aan de federate om deze class methods verder te implementeren en uit te breiden met specifieke functionaliteit voor de verdere afhandeling. De federate is verplicht dit te doen, aangezien de compiler foutmeldingen zal genereren indien bepaalde *FederateAmbassador* class methods niet geïmplementeerd zijn.

3.3.1 Data representatie

Communicatie tussen heterogene computer platformen (Sun, SGI, PC) vereist duidelijke afspraken over de netwerk representatie van de uit te wisselen data. Om de computer platform-specifieke data representatie om te kunnen zetten naar de platform-onafhankelijke netwerk representatie (en vice versa), moet men het datatype weten. Aangezien de RTI 1.0 niet de datatypes kent van object attributen en interaction parameters, is deze conversie de verantwoordelijkheid van de federate zelf.

3.3.2 Federation Execution Data (FED)

De RTI 1.0 heeft twee configuratie files nodig om federation executions te kunnen uitvoeren: de *federation execution data* (FED) file en de *run-time initialization data* (RID) file. De FED file (Figuur 4) bevat de data structuur van de object classes en interaction classes, zoals in de FOM afgesproken. Ook is aangegeven

welke transport mechanisme ('best-effort' of 'reliable') en welke tijd-sorteer ('time-ordering') mechanisme ('receive-order' of 'timestamped-order') er per object class attribute of interaction class gebruikt gaat worden. Het sorteer mechanisme geeft aan of de RTI de informatie gesorteerd op timestamp doorgeeft aan de federate of dat de informatie in volgorde van ontvangst wordt doorgegeven. De FED file beschrijft *niet* de datatypes van de object attributen en interaction parameters.

```
;; Comments are any text after a semicolon.
;; basic syntax example
;; possible <transportation> =   FED_RELIABLE, FED_BEST_EFFORT
;;
;; possible <ordering> =         FED_RECEIVE,  FED_TIMESTAMP
;;
(fed
;; object, class, and attribute definitions follow
  (objects
    (class <name>
      (attribute <name> <transportation> <ordering>)
      (attribute <name> <transportation> <ordering>)
;; any other attributes must come before subclasses for same level
      (class <name>
        (attribute <name> <transportation> <ordering>)
        (attribute <name> <transportation> <ordering>)
      )
    )
  )
;; interactions, class, and parameter definitions follow
  (interactions
    (class <name> <transportation> <ordering>
      (parameter <name>)
      (parameter <name>)
;; any other parameters must come before subclasses for same level
      (class <name> <transportation> <ordering>
        (parameter <name>)
        (parameter <name>)
      )
    )
  )
) ; end of fed
```

Figuur 4 Federation Execution Data (FED) file formaat

3.3.3 Run-time Initialization Data (RID)

De run-time initialization data (RID) file (Figuur 5) bevat allerlei systeem informatie zoals b.v. op welke computer de RTI Executive draait en op welk portnummer de RTI Executive wacht op federate connecties. Ook specificeert deze configuratie file o.a. het maximale aantal objecten per federate.

```

#####
# FILE : RTI.rid
# PURPOSE: This file is the main configuration file for the RTI.
#####

#####
# VARIABLE: BEST_EFFORT_PORT
# UNITS : Positive integer
# PURPOSE : To specify the port number on which best-effort multicast
# addressing will be attempted.
#####
BEST_EFFORT_PORT 18134

#####
# VARIABLE: MAX_OBJECTS_PER_FEDERATE
# UNITS : Positive integer
# PURPOSE : To specify the maximum number of objects a federate may know
# about.
#####
MAX_OBJECTS_PER_FEDERATE 100000

#####
# VARIABLE: RTI_EXEC_HOST
# UNITS : Character string
# PURPOSE : To specify the hostname of machine on which the RTI Executive
# process is executing.
#####
RTI_EXEC_HOST s00sn1

#####
# VARIABLE: RTI_EXEC_PORT
# UNITS : Positive integer
# PURPOSE : To specify the port number on which the RTI Executive process is
# listening for connections.
#####
RTI_EXEC_PORT 3800
.
.
.

```

Figuur 5 RTI.rid voorbeeld file

3.3.4 Management Object Model

Behalve de uitwisseling van simulatie data tussen HLA federates, wisselen de federates ook data uit ter ondersteuning van *federation management* en *monitoring*. Deze data bevat o.a. gegevens over de identiteit van de federate, RTI settings, RTI versie en interne queue grootten. Uitwisseling van deze meta-data is nodig voor de interne boekhouding van de RTI. Tevens heeft de gebruiker toegang tot deze informatie. De structuur van deze informatie wordt beschreven in de *Management Object Model* (MOM). Deze structuur is qua formaat identiek aan de beschrijving van simulatie data. De MOM informatie die de RTI nodig heeft om te kunnen functioneren zal gestandaardiseerd worden. De federate kan zelf de MOM uitbreiden met federation-specifieke informatie.

3.4 Multicasting

Multicasting is het mechanisme waarbij data van 1 zender naar meerdere ontvangers wordt verstuurd. Op dit moment is multicasting alleen mogelijk binnen een LAN omgeving, omdat er nog geen gestandaardiseerde multicast routing protocols zijn voor multicasting op een WAN, zoals het internet. Routers weten nu niet hoe ze met de multicast packets om moeten gaan. Alhoewel er al meerdere voorstellen voor routing protocols zijn gedaan, laat een standaardisatie nog op zich wachten. Een multicast group wordt binnen het IP protocol gerepresenteerd door een Class D adres. Het aantal mogelijke multicast groups is beperkt, omdat de IP adressen in een vastgelegd interval moeten liggen. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen permanente ('*permanent*') en tijdelijke ('*temporary*') multicast group adressen. Thans is multicasting gebaseerd op '*best-effort*' communicatie, maar er is ook een grote behoefte aan '*reliable multicasting*', waarbij de ontvangst van de data gegarandeerd is. Vanuit de HLA gemeenschap wordt er nauw gelet op de ontwikkelingen op het gebied van multicasting, omdat dit de basis vormt voor een goed functionerend data distributie mechanisme binnen HLA.

4. Real-time Platform-level Reference FOM

4.1 Inleiding

Voorafgaand aan de ontwikkeling van de High Level Architecture was het Distributed Interactive Simulation (DIS) protocol het meest gebruikte mechanisme om heterogene, real-time simulatie applicaties te koppelen (IEEE standaard 1278.1). DIS en HLA zijn twee verschillende mechanismen: DIS is een simpele data distributie architectuur, gebaseerd op UDP/IP broadcasting, voor berichten met een voorgedefinieerde data formaat (PDU's). Dit is aan de ene kant een voordeel omdat het network protocol gestandaardiseerd is, maar aan de andere kant een nadeel omdat de data formaten vastliggen en niet flexibel zijn. HLA daarentegen biedt een complex distributie mechanisme en laat de definitie van syntax en semantiek van de uit te wisselen berichten over aan de federation zelf (FOM). Dus meer flexibiliteit enerzijds, maar anderzijds moeten er meer afspraken worden gemaakt om simulatie applicaties te koppelen. In HLA wordt de netwerk performance geoptimaliseerd door filtering van data op verschillende niveaus (publication/subscription, DDM).

Het concept van de *Reference FOM* probeert de voordelen van DIS en HLA te combineren. Een Reference FOM is een soort 'basis' FOM voor een specifieke federation. Een Reference FOM bevat object en interaction class definities die veelvuldig voorkomen in de verschillende federation executions van deze federation. De federation execution ontwikkelaar(s) kan/kunnen een Reference FOM als basis nemen en veranderingen aanbrengen, die voor zijn/hun federation execution specifiek zijn. Op deze manier heeft de federation toch een 'standaard' definitie voor de uit te wisselen informatie, met de flexibiliteit om specifieke wensen te implementeren. Een speciale werkgroep houdt zich op dit moment bezig met het concept Reference FOM. Er wordt gedacht aan verschillende *Classes* van Reference FOM's:

- Class 1: Community Guidance FOM
Door ten minste een gebruikersgroep ondersteund;
- Class 2: Common Denominator (CD) FOM
In ten minste één programma/project gedemonstreerd en waarvoor een of andere vorm van stemming/accordering is uitgevoerd;
- Class 3: Procurement FOM
Gebruikt om federates bij aanschaf en ontwikkeling te specificeren.
- Class 4: Base Object Model
Een pakket van fundamentele specificaties die gebruikt kunnen worden om FOMs te construeren.
- Class 5: Hierarchical Object Model
Geordende verzameling van fundamentele specificaties.

Deze verschillende klassen van Reference FOM's vereisen ook verschillende beheerprocedures. Vooralsnog is de discussie over het concept Reference FOM niet afgerond.

De *Real-time Platform-level Reference FOM* (RPR-FOM, uitgesproken als 'reaper fom') is een voorbeeld van een Reference FOM die de inhoud van de DIS PDU's beschrijft in de vorm van een robuuste object en interaction class hiërarchie. De RPR-FOM kan als basis dienen voor (DIS-achtige) real-time, human-in-the-loop simulaties van fysieke entiteiten (zoals tanks en vliegtuigen) en zal een belangrijk hulpmiddel zijn voor de migratie van DIS naar HLA. Aangezien het concept Reference FOM nog nader onderzocht moet worden, wordt de RPR-FOM nog niet als HLA data standaard erkend, nog afgezien van de interim versie van dit moment.

In het vervolg van dit hoofdstuk bekijken we de object en interaction classes van de RPR-FOM versie 0.1.7 in meer detail. Bijlage A bevat de volledige RPR-FOM.

4.2 RPR-FOM Object Class Structure

De RPR-FOM object classes zijn georganiseerd in een 4-niveau diepe hiërarchie. Elke subclass erft automatisch alle attributen van zijn superclasses. Dus b.v. *MilitaryEntity* heeft alle attributen van zowel de *PhysicalEntityClass* als de *BaseEntity* class. Een subclass is een specifiekere vorm van de superclass.

Sommige classes hebben geen attributen maar zijn toch toegevoegd met het oog op Declaration Management (DM) filtering d.w.z. filtering op basis van informatie type. Voor optimale DM filtering moet elke federate *publications* op 'leaf-node' niveau doen (d.w.z. op het laagste niveau in de hiërarchie) en *subscriptions* op een zo laag mogelijk niveau als nodig. Stel federate A gaat tanks simuleren in de federation en publiceert dus de class *MilitaryLandPlatform*. Federate B is geïnteresseerd in alle militaire voertuigen en abonneert zich op de *MilitaryPlatformEntity* class (subscription). Federate C is een maritieme applicatie en heeft alleen belangstelling voor schepen en abonneert zich dus op de class *MilitarySeaSurfacePlatform*. Attribute updates van federate A zullen dan alleen bij federate B aankomen, en voor federate C eruit gefilterd worden. Federate B ontvangt alleen de attributen van *MilitaryPlatformEntity* en zijn superclasses, want de binnenkomende *MilitaryLandPlatform* instantie wordt automatisch 'gepromoveerd' tot *MilitaryPlatformEntity* omdat daar een subscription voor is. Wil Federate B ook de attributen van de 'leaf-node' classes ontvangen dan moet hij zich op de individuele 'leaf-node' classes abonneren.

| Base Class | 1 st Subclass | 2 nd Subclass | 3 rd Subclass | 4 th Subclass |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| BaseEntity | PhysicalEntity | MilitaryEntity | MilitaryPlatformEntity | MilitaryAirLandPlatform |
| | | | | MilitaryAmphibiousPlatform |
| | | | | MilitaryLandPlatform |
| | | | | MilitarySpacePlatform |
| | | | | MilitarySeaSurfacePlatform |
| | | | | MilitarySubmersiblePlatform |
| | | | | MilitaryMultiDomainPlatform |
| | | | MunitionEntity | |
| | | | Soldier | |
| | | CivilPlatformEntity | CivilAirLandPlatform | |
| | | | CivilAmphibiousPlatform | |
| | | | CivilLandPlatform | |
| | | | CivilSpacePlatform | |
| | | | CivilSeaSurfacePlatform | |
| | | | CivilSubmersiblePlatform | |
| | | | CivilMultiDomainPlatform | |
| | | Civilian | | |
| | | AggregateEntity | | |
| | | EnvironmentEntity | | |
| EmbeddedSystem | Designator | | | |
| | EmitterSystem | | | |
| | RadioReceiver | | | |
| | RadioTransmitter | | | |
| EmitterBeam | TrackJamBeam | | | |
| SimulationManager | | | | |

Figuur 6: RPR-FOM Object Class Structure Table

De RPR-FOM specificeert de volgende base object classes:

- BaseEntity**

De *BaseEntity* class vertegenwoordigt alle fysieke entiteiten zowel individueel als geaggregeerd, zoals voertuigen, personen en peletons. De class bevat attributen die betrekking hebben op de locatie en bewegingen van de entiteit in de virtuele wereld, zoals positie, oriëntatie, snelheid en acceleratie.

- **EmbeddedSystem**
Deze class representeert alle fysieke *subsystemen* die onderdeel zijn van een entiteit, maar zich zelf niet als entiteit in de federation presenteren. Voorbeelden van de *EmbeddedSystem* class zijn radars, radio en sensoren. De attributen van deze class specificeren de relatie met de entiteit b.v. de entity identificatie.
- **EmitterBeam**
De *EmitterBeam* class beschrijft de karakteristieken van een *emissie* zoals b.v. scan volume, frequentie en vermogen.
- **SimulationManager**
Deze class wordt gebruikt als de initiator van simulatie management berichten en is dus *geen* onderdeel van de virtuele wereld zoals de bovenstaande base classes. Een simulation manager federate correspondeert met één instantie van de class *SimulationManager*. De enige attribute van deze class is een string die de naam van de simulation manager federate identificeert.

4.3 RPR-FOM Interaction Class Structure

| |
|------------------------|
| BaseClass |
| ActionRequest |
| ActionResult |
| AttributeChangeRequest |
| AttributeChangeResult |
| Collision |
| CreateObjectRequest |
| CreateObjectResult |
| MunitionDetonation |
| RadioSignal |
| RemoveObjectRequest |
| RemoveObjectResult |
| WeaponFire |

Figuur 7: Interaction Class Structure Table

Interactions bieden een mechanisme voor federates om discrete events te versturen naar andere federates. In de RPR-FOM zijn een aantal interactions gespecificeerd voor:

- Simulatie management taken (*ActionRequest/Result*, *AttributeChangeRequest/Result*, *CreateObjectRequest/Result*, *RemoveObjectRequest/Result*)
- Botsingen tussen entiteiten (*Collision*)

- Munitie interactie (*MunitionDetonation, WeaponFire*)
- Inter-object communicatie (*RadioSignal*)

Zoals Figuur 7 laat zien, heeft de huidige class structure table geen hiërarchie en dus alleen maar base classes.

4.4 RPR-FOM Ontwikkelingen

De RPR-FOM ontwikkeling wordt gedreven door een werkgroep welke zijn wortels heeft in de twee laatste DIS Workshops (mrt/sep 1996). De RPR-FOM kent sinds kort ook een Versie Plan.

Versie 1 dient alle functionaliteit te bevatten van de (DIS) IEEE 1278.1-1995 standaard. In Versie 2 zal daaraan de functionaliteit van IEEE 1278.1A-1998 toegevoegd worden (o.a. *Collision-Elastic, Underwater Acoustics, Intercom Communication, Entity Management, Minefield*).

Versie 3 wordt genoemd 'Next Generation RPR-FOM'. Waarschijnlijk wordt daarin de relatie met de DIS- IEEE 1278 standaarden meer losgelaten en de mogelijkheden van HLA wat dieper geëxploreerd.

De belangrijkste discussiepunten rond Versie 1 zijn nog de 'vertaling' van de Radio Signal PDU en of al dan niet *padding fields* toegevoegd moeten worden aan Complex Data Types (conform DIS). Ook komen er vanuit de C3I-hoek vragen om meer functionaliteit dan in de DIS-standaarden is gedefiniëerd.

5. Advanced Simulation Framework

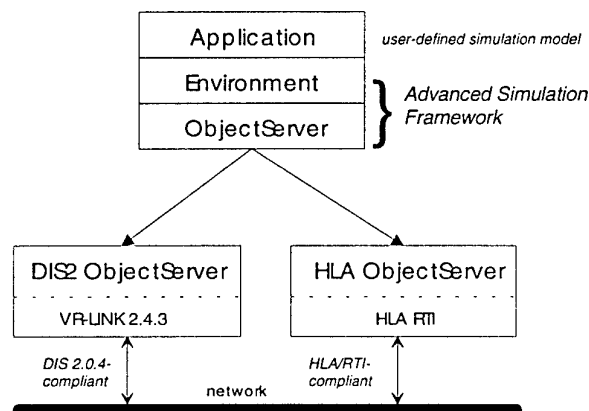
5.1 Electronic Battlespace Facility

De *Electronic Battlespace Facility* (EBF) is een TNO-FEL infrastructuur, bestaande uit hardware en software, voor onderzoek naar en toepassing van gedistribueerde interactieve simulatie technologieën. Er is gekozen voor een flexibele en uitbreidbare opzet van het EBF, zodat ingesprongen kan worden op nieuwe ontwikkelingen op het gebied van gedistribueerde simulatie (zoals HLA) en herbruikbaarheid van beschikbare componenten (zowel hardware als software) maximaal is. Het *Advanced Simulation Framework* ([ASF]) vormt de basis software laag van de EBF.

5.2 ASF Software Architectuur

Om flexibiliteit en herbruikbaarheid te garanderen is gekozen voor een object-georiënteerde aanpak van het ASF. Het ASF biedt de applicatie toegang tot de virtuele omgeving aan de hand van een gestandaardiseerd interface. Het ASF schermt de applicatie zo veel mogelijk af van gedistribueerde simulatie standaarden, zoals DIS en HLA. Deze opzet vergemakkelijkt migratie naar nieuwe standaarden omdat de applicatie zelf minimaal veranderd hoeft te worden. In principe zou de migratie van DIS naar HLA door een hercompilatie van de applicatie gerealiseerd kunnen worden, mits er geen DIS-specifieke functionaliteit in de applicatie zit. Het ASF vormt als het ware een tussenlaag ('*middleware layer*') tussen de applicatie en de onderliggende gedistribueerde simulatie standaarden.

Figuur 8 illustreert de twee lagen van het ASF: *Environment* en *ObjectServer*.



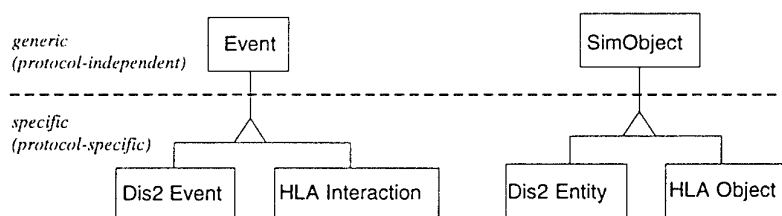
Figuur 8 Advanced Simulation Framework Software Architectuur

Environment biedt de gebruiker een protocol-onafhankelijk interface tot de virtuele omgeving, m.a.w. zonder DIS- of HLA specifieke functionaliteit. Via Envi-

ronment heeft de applicatie toegang tot alle *simulation objects* (b.v. battlefield entities) en *simulation events* (b.v. fire en detonation events) in de virtuele omgeving.

ObjectServer representeert het onderliggende data transport mechanisme dat zorgt voor de uitwisseling van informatie met andere applicaties. *ObjectServer* is deels generiek en deels protocol-specifiek: voor verschillende gedistribueerde simulatie standaarden zijn verschillende *ObjectServer* specialisaties nodig, afgeleid van de generieke *ObjectServer*. Figuur 8 toont twee *ObjectServer* specialisaties voor DIS en HLA. Voor de DIS variant dient de commercieel verkrijgbare VR-LINK Toolkit ([VRLINK]) als communicatie laag, voor de HLA variant wordt de shareware DMSO HLA/RTI als basis gebruikt.

De object-georiënteerde methode van specialisatie (ook wel *subclassing* of *inheritance* genoemd) wordt gebruikt voor de data organisatie van simulation objects en simulation events. Figuur 9 toont deze data structuur in de *Object Modeling Technique* ([OMT]) notatie. *SimObject* bevat functionaliteit en attributen die generiek zijn voor alle simulation objects b.v. object ID. *Event* bevat functionaliteit en attributen gemeenschappelijk voor alle events zoals sender ID. Beide generieke classes hebben specialisaties voor zowel DIS als HLA. Op deze wijze kan de protocol-onafhankelijke Environment gebruik maken van de generieke representaties (*Event* en *SimObject*) terwijl *ObjectServer* de afgeleide classes (b.v. *Dis2Event* of *HlaObject*) kan gebruiken voor protocol-specifieke functionaliteit.



Figuur 9 ASF Data Structures

Het ASF is beschikbaar voor zowel Sun als SGI computer platformen.

5.3 DIS2 ObjectServer

De DIS2 ObjectServer stelt de gebruiker in staat DIS 2.0.4-compliant applicaties te ontwikkelen. Deze implementatie is gebaseerd op COTS software van Mäk Technologies Inc., namelijk de VR-LINK Toolkit. Op dit moment wordt binnen het ASF gewerkt met versie 2.4.3 en 2.4.6 van de toolkit. VR-LINK 2.4.3 ondersteunt

DIS versies 2.0.3 en 2.0.4. VR-LINK 2.4.6 [VRLINK] ondersteunt ook de officiële DIS-IEEE 1278.1-1995 standaard.

5.4 HLA ObjectServer

De huidige HLA ObjectServer is een eerste implementatie van een RPR-FOM 0.1.7-compliant interface. De HLA ObjectServer maakt gebruik van de shareware RTI 1.0.2 van DMSO. Het doel van deze ObjectServer implementatie was aan te tonen dat een integratie van het ASF met de RTI conceptueel mogelijk is en de gebruiker in staat stelt HLA federates te ontwikkelen op basis van de gestandaardiseerde ASF Application Programmer's Interface (API), dezelfde interface die ook voor de ontwikkeling van DIS-applicaties wordt gebruikt.

Omdat niet de nadruk is gelegd op volledigheid van de HLA ObjectServer maar meer op haalbaarheid van het concept, is slechts een subset van de RTI services van Interface Specification 1.1 geïntegreerd in het ASF. Ook wordt slechts een subset van de RPR-FOM 0.1.7 ondersteund. Figuur 10 beschrijft de RTI services die thans geïntegreerd zijn. Van Federation Management, Declaration Management, Object Management en Time Management is slechts een subset van de services geïntegreerd. Ownership Management en Data Distribution Management worden nog niet ondersteund door het ASF. In een later stadium zullen de ontbrekende services toegevoegd worden.

| Interface Specification 1.1 Service | Service Category |
|-------------------------------------|------------------------|
| Create Federation Execution | Federation Management |
| Destroy Federation Execution | Federation Management |
| Join Federation Execution | Federation Management |
| Resign Federation Execution | Federation Management |
| Publish Object Class | Declaration Management |
| Publish Interaction Class | Declaration Management |
| Subscribe Object Class Attribute | Declaration Management |
| Subscribe Interaction Class | Declaration Management |
| Request ID | Object Management |
| Register Object | Object Management |
| Update Attribute Values | Object Management |
| Discover Object | Object Management |
| Reflect Attribute Values | Object Management |
| Send Interaction | Object Management |
| Receive Interaction | Object Management |
| Delete Object | Object Management |
| Remove Object | Object Management |
| Request Federate Time | Time Management |
| Time Advance Request | Time Management |
| Time Advance Grant | Time Management |

Figuur 10 RTI Services in ASF

De volgende RPR-FOM 0.1.7 object classes zijn deels geïmplementeerd in het ASF voor de simulatie van battlespace objecten zoals tanks, vliegtuigen en militair personeel.

| Object Class | Super Class | Representatie voor |
|----------------|----------------|---|
| BaseEntity | - | Alle <i>individuele</i> en <i>geaggregeerde</i> entiteiten zoals voertuigen en personen. De class bevat attributen die betrekking hebben op de locatie en bewegingen van de entiteit in de virtuele wereld, zoals positie, oriëntatie, snelheid en acceleratie. |
| PhysicalEntity | BaseEntity | Alle <i>individuele</i> , fysische platform entiteiten zoals militaire en civiele voertuigen en personen. De attributen specificeren de karakteristieken van het platform b.v. welke bewegende delen het platform heeft. |
| MilitaryEntity | PhysicalEntity | Alle <i>militaire</i> , individuele platform entiteiten zoals tanks en militair personeel. De attributen bepalen karakteristieken als force ID en camouflage. |

Figuur 11 ASF RPR-FOM Object Classes

De volgende RPR-FOM 0.1.7 interaction classes zijn deels geïmplementeerd in het ASF voor de simulatie van munitie lancering en detonatie.

| Object Class | Super Class | Representatie voor |
|------------------------|-------------|--|
| Munition Detonation | - | Detonatie van ballistische of geleide munitie in de battlespace. Parameters specificeren o.a. detonatie locatie, doel en type munitie. |
| WeaponFire | - | Lancering van ballistische of geleide munitie. Parameters specificeren o.a. lanceer positie, doel en type munitie. |

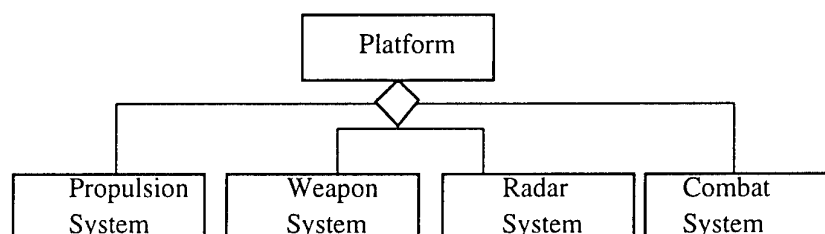
Figuur 12 ASF RPR-FOM Interaction Classes

Een verdere beperking van de huidige HLA-variant van het ASF is dat er nog geen deadreckoning is geïmplementeerd.

5.5 Helicopter Simulatie Applicatie

Het ASF wordt reeds in een aantal simulator prototypes toegepast: b.v. Fennek Reconnaissance Vehicle, Leopard 2 A5, F-16 en Forward Air Controller (FAC). Tevens zijn een aantal tools op het ASF ontwikkeld zoals een scenario manager en een tactical display. Reeds is aangetoond dat m.b.v. ASF vrij eenvoudig gedistribueerde simulatie applicaties kunnen worden gebouwd zonder dat de applicatie bouwer veel van de onderliggende gedistribueerde simulatie standaard hoeft af te weten

Om de migratie mogelijkheden van DIS naar HLA m.b.v. het ASF te onderzoeken, is een eenvoudige helicopter simulatie applicatie ontwikkeld. Deze applicatie is in staat een aantal autonome helicopter platformen te simuleren. Figuur 13 illustreert de object-georiënteerde architectuur van een helicopter met zijn subsystemen.



Figuur 13 Helicopter Platform Architectuur

Elk helicopter platform heeft een *propulsion system*, *weapon system*, *radar system* en een *combat system*. Het propulsion system zorgt voor de voortstuwing van het platform. Het weapon system vertegenwoordigt de bewapening. Het radar system is een sensor waarmee doelen (andere helicopters) kunnen worden opgespoord. De elektronische emissie van de radar is niet gesimuleerd. Het combat system is een semi-intelligent systeem dat de volgende taken sequentieel uitvoert:

- detecteer doelen m.b.v. radar systeem;
- selecteer doel
- achtervolg doel totdat platform binnen schietbereik is;
- schiet op doel totdat doel uitgeschakeld is.

De helicopter simulatie applicatie kan op een willekeurig aantal computer platforms opgestart worden. Per applicatie kan een willekeurig aantal helicopters worden gesimuleerd. Het ASF zorgt voor de uitwisseling van data tussen de applicaties (locatie gegevens en munitie interactie).

Voor migratie van DIS naar HLA van deze applicatie was slechts een hercompilatie nodig van de applicatie. Wijziging van de source code was niet nodig. Zowel de DIS-variant als de HLA-variant bleken te draaien. Er was één verschil: helicopters gesimuleerd door dezelfde HLA federate (applicatie) konden *elkaar* niet uitschakelen. De reden hiervoor bleek te zijn dat *interactions* verzonden door een federate, niet door dezelfde federate ontvangen werden. M.a.w. de detonations interactions, die communiceren dat een helicopter geraakt is, werden niet gedetecteerd door dezelfde federate en dus niet afgehandeld: alleen andere federates konden zijn helicopters uitschakelen. Met DIS is dit probleem er niet omdat PDU's gebroadcast worden en door de zendende applicatie ook zelf weer ontvangen worden. Aangezien deze kwestie ("moet verzonden informatie door de zendende federate zelf gereflecteerd worden?") nog een discussiepunt is binnen de HLA community, is er voor gekozen dit 'probleem' niet in het ASF op te lossen, maar het resultaat van deze discussie af te wachten.

6. Conclusions

De belangrijkste conclusies van het verrichte onderzoek zijn:

- De ontwikkeling van de High Level Architecture draait op volle toeren. De architectuur wordt in de US geaccepteerd als basis voor alle simulatie- en modelleer-activiteiten.
- De RPR-FOM is een belangrijk hulpmiddel voor de migratie van DIS naar HLA voor real-time, human-in-the-loop simulaties. Dit Object Model is een voorstel voor een data standaard die de informatie uit DIS PDU's beschrijft in de vorm van HLA object en interaction classes.
- De RTI is niet veel meer dan een doorgeefluik van type-loze federate data. De federate is zelf verantwoordelijk voor de opslag van deze data en voor de conversie tussen computer platform specifieke data en de netwerk representatie van de data. Veel mensen verwachten veel meer functionaliteit in de RTI ter ondersteuning van de gebruiker.
- De RTI implementatie van DMSO is vrij verkrijgbaar en biedt, behalve Data Distribution Management, alle functionaliteit uit de HLA Interface Specification met een zeer behoorlijke performance. Aangezien de source code niet beschikbaar is en slechts een beperkt aantal computer platformen ondersteund worden, heeft de toepasbaarheid van deze RTI implementatie zijn beperkingen.
- Het ASF biedt een vrij eenvoudig migratie pad voor de TNO DIS-applicaties naar HLA via een '*middleware layer*' approach. Deze software laag schermt de applicatie ontwikkelaar af van de onderliggende gedistribueerde simulatie standaarden d.m.v. een generiek interface. Een HLA-DIS gateway zou een andere eenvoudige oplossing zijn voor een migratie van DIS naar HLA: de gateway converteert DIS PDU's naar RTI calls en vice versa. Deze aanpak heeft echter als nadeel dat de conversie slag de latency van data verhoogt en dat de applicaties nog steeds op DIS gebaseerd zijn en dus niet de voordelen van HLA gebruiken.

Behalve deze conclusies resulteerde het onderzoek tot een aantal bevindingen:

- Object attributes en interactions zijn de atomaire eenheden binnen HLA in tegenstelling tot DIS waar de Protocol Data Unit (PDU) de eenheid is. Na ontdekking van een nieuw object binnen de federation (*discovery*) worden niet automatisch alle object attributes aan de federation bekend gemaakt. Een federate kan daardoor een onvolledig beeld hebben van het object b.v. wel de positie maar niet de orientatie. De federate heeft wel de mogelijkheid om de gemiste attributen op te vragen om zo een volledige status van het object te ver-

krijgen. Een 3D visual heeft b.v. zowel de positie- als orientatie data nodig om het object te kunnen visualiseren.

- HLA staat toe dat per attribute een deadreckon algorithme gespecificeerd wordt voor de extrapolatie van de attribuut waarde. DIS biedt alleen de mogelijkheid voor de extrapolatie van positie- en orientatie data.
- De DMSO RTI maakt gebruik van *exception handling*. Dit is een mechanisme dat de applicatie ontwikkelaar in staat stelt run-time abnormaliteiten af te vangen en af te handelen. Denk b.v. aan een division-by-zero situatie. C++ biedt een uniforme syntax voor exception handling a.h.v. de `try`, `throw` en `catch` keywords. De gebruiker heeft de mogelijkheid dit mechanisme te fine-tunen met zelf-gegenereerde exceptions. Binnen de RTI wordt veel gebruik gemaakt van exception throwing en het blijkt een zeer nuttig hulpmiddel bij de ontwikkeling van HLA federates. De programmeur is in staat exceptions af te vangen om de abnormaliteit te herstellen, zoniet dan termineert de federate met een duidelijke melding van de oorzaak. B.v. als een federate zich aanmeldt bij een federation ('join') en dit mislukt, dan zal de RTI een exception genereren. De federate kan deze exception afvangen en b.v. nog een poging doen zich aan te melden. Als de federate de exception niet afvangt, termineert de applicatie met een duidelijke weergave van de oorzaak.
- De VR-LINK 3.0 Toolkit van Mäk Technologies is in staat applicaties op basis van DIS en HLA te ontwikkelen. Helaas is er geen *backward-compatibility* naar oude versies doordat de VR-LINK API aanzienlijk veranderd is. Tevens ondersteunt VR-LINK een nu al verouderde RPR-FOM. De toolkit biedt dus een migratie pad, maar met de volgende nadelen: licentiekosten, weinig flexibiliteit en afhankelijkheid van Mäk m.b.t. ondersteuning van nieuwe RPR-FOM releases. Het ASF heeft deze nadelen niet.
- Attribute updates en interactions worden niet gereflecteerd door de federate die de data heeft gegenereerd. B.v. als een federate de 'send interaction' service aanroept, zal dat niet leiden tot een 'receive interaction' callback binnen dezelfde federate. Dit betekent dat als een federate een interaction aan een bepaald object richt (b.v. een munitie detonatie event met een target ID) de federate zich er terdege van bewust moet zijn of het object lokaal of extern gesimuleerd wordt. Er is discussie gaande binnen de HLA gemeenschap of reflectie van eigen data misschien toch gewenst is.
- Datalogging en exercise replay in HLA is verre van triviaal. In DIS is dit relatief eenvoudig omdat DIS gebaseerd is op *broadcasting* en de entity heartbeat een continue stroom van berichten garandeert. De HLA logger moet tijdens replay rekening houden met o.a. routing spaces, subscriptions van andere federates en data requests van andere federates. Ook moet de HLA logger de transport mode (best-effort versus reliable) en de ordering mode (receive-order

versus timestamp-order) van de gelogde data via de RTI te weten komen om ze op dezelfde manier te kunnen afspelen. Dit onderwerp benodigt nog verder onderzoek.

Voor de komende periode staan o.a. de volgende vervolgactiviteiten op het programma:

- Ervaring opdoen met Object Model development tools. Deze tools ondersteunen de gebruiker bij het opstellen van SOM's en FOM's.
- Performance en latency metingen van de RTI en het ASF.
- Migratie van DIS simulator prototype naar HLA a.h.v. ASF.
- Uitbreiden ASF voor wat betreft RTI services support en RPR-FOM classes.
- Volgen van en rapporteren over de ontwikkelingen op het gebied van HLA, RTI en RPR-FOM.

7. Afkortingen

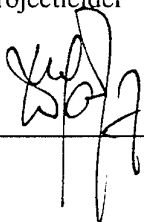
| | |
|---------|--|
| ALSP | Aggregate Level Simulation Protocol |
| API | Application Programmer's Interface |
| ASF | Advanced Simulation Framework |
| CORBA | Common Object Request Broker Architecture |
| COTS | Commercial Of The Shelf |
| DDM | Data Distribution Management |
| DIS | Distributed Interactive Simulation |
| DMSO | Defense Modeling and Simulation Office (US) |
| DoD | Department of Defense (US) |
| EBF | Electronic Battlespace Facility |
| FED | Federation Execution Data |
| FOM | Federation Object Model |
| HLA | High Level Architecture |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| IP | Internet Protocol (RFC 791) |
| LAN | Local Area Network |
| MOM | Management Object Model |
| OMT | Object Modeling Technique |
| PDU | Protocol Data Unit |
| RID | RTI Initialization Data |
| RPR-FOM | Real-time Platform level Reference Federation Object Model |
| RTI | Run-Time Infrastructure |
| SISO | Simulation Interoperability Standards Organization |
| SIW | Simulation Interoperability Workshop |
| SOM | Simulation Object Model |
| TCP | Transmission Control Protocol (RFC 793) |
| UDP | User Datagram Protocol (RFC 768) |
| WAN | Wide Area Network |

8. Referenties

- [ASF] Elias and Huiskamp, Advanced Simulation Framework: A Generic Approach to Distributed Simulation. Proc. ITEC '97, The 8th International International Training and Education Conference, Lausanne, Switzerland, 1997.
- [CORBA] Object Management Group, The Common Object Request Broker Architecture and Specification, OMG Document Number 91.12.1, Revision 1, 1992.
- [FEL96A273] Elias, de Jong en Luijff, DIS, DIS++ en de High Level Architecture, TNO-rapport FEL-96-A273, december 1996.
- [OMT] Rumbaugh et.al, Object-Oriented Modeling and Design, Prentice Hall International Editions, 1991.
- [RTI] DoD, High Level Architecture Run-Time Infrastructure Programmer's Guide, version 1.0, May 1997.
- [VRLINK] Granowetter, VR-LINK Release 2.4.6, Mäk Technologies Inc., 1995.

9. Ondertekening

W.G. de Jong
Projectleider

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping letters, positioned above a horizontal line.

R.J.D. Elias
Auteur

A handwritten signature in black ink, featuring a prominent, sweeping horizontal stroke that extends to the right, positioned above a horizontal line.

Bijlage A RPR-FOM 0.1.7

| | |
|---------------------|--|
| Name | Real-time Platform Reference FOM (RPR-FOM) |
| Version | 0.1.7 |
| Modification Date | 10 th September, 1997 |
| Type | ReferenCe FOM |
| Class | Hybrid |
| Other information | This is a Reference FOM intended for real-time, platform level simulations. It was created to ease the transition of DIS simulations to HLA, although it is not restricted to such simulations. |
| Sponsor | Simulation Interoperability Standards Organisation (SISO) |
| Developer | GEC-Marconi RDS Ltd., Simulation and Training Division |
| Point of Contact | Graham Shanks |
| POC Phone | +44 1383 828062 |
| POC e-mail | graham.shanks@gecm.com |
| POC Address | John Sutcliffe Building, Fulmar Way, Donibristle Industrial Park, Fife, SCOTLAND KY11 5JX |
| Time Management | Real Time |
| Application Domain | Real time, platform level simulations |
| Security | Unrestricted |
| Document references | IEEE 1278.1-1995 |

| Class1 | Class2 | Class3 | Class4 | Class5 |
|------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| BaseEntity (S) | AggregateEntity (PS) | | | |
| | EnvironmentEntity [1] (PS) | | | |
| | PhysicalEntity [1] (PS) | MilitaryEntity (S) | MilitaryPlatformEntity (PS) | MilitaryAirLandPlatform (PS) |
| | | | | MilitaryAmphibiousPlatform (PS) |
| | | | | MilitaryLandPlatform (PS) |
| | | | | MilitarySpacePlatform (PS) |
| | | | | MilitarySeaSurfacePlatform (PS) |
| | | | | MilitarySubmersiblePlatform (PS) |
| | | | | MilitaryMultiDomainPlatform (PS) |
| | | | MunitionEntity (PS) | |
| EmbeddedSystem | | CivilPlatform (PS) | Soldier (PS) | |
| | | | CivilAirLandPlatform (PS) | |
| | | | CivilAmphibiousPlatform (PS) | |
| | | | CivilLandPlatform (PS) | |
| | | | CivilSpacePlatform (PS) | |
| | | Civilian (PS) | CivilSeaSurfacePlatform (PS) | |
| | | | CivilSubmersiblePlatform (PS) | |
| | | | CivilMultiDomainPlatform (PS) | |
| | | | | |
| | | | | |
| EmitterBeam (PS) | Designator (PS) | | | |
| | EmitterSystem (PS) | | | |
| | RadioReceiver (PS) | | | |
| | RadioTransmitter (PS) | | | |
| | TrackJamBeam (PS) | | | |
| SimulationManager (PS) | | | | |

| Interaction Structure | Initiating Object | | Receiving Object/Area | | Interaction Parameters | Init/ Sense/ React |
|---------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------|--|---|--------------------|
| | Class | Affected Attributes | Class | Affected Attributes | | |
| ActionRequest | SimulationManager | None | AggregateEntity [4] | None | ObjectCount ObjectIDs Action | IR |
| ActionResult | AggregateEntity [4] | None | SimulationManager | None | ActionResult | IR |
| AttributeChangeRequest | SimulationManager | None | AggregateEntity [4] | None | ObjectCount ObjectIDs AttributeValueSet | IR |
| AttributeChangeResult [3] | AggregateEntity [4] | None | SimulationManager | None | ObjectID AttributeChangeResult AttributeValueSet | IR |
| Collision | PhysicalEntity | AccelerationVector AngularVelocityVector DamageState Immobilized Orientation Position VelocityVector | PhysicalEntity | AccelerationVector AngularVelocityVector DamageState Immobilized Orientation Position VelocityVector | CollidingObjectID CollidingObjectMass CollidingObjectVelocity CollisionType CollisionLocation EventID IssuingObjectID ObjectClass AttributeValueSet | IR |
| CreateObjectRequest | SimulationManager | None | AggregateEntity [4] | None | ObjectClass AttributeValueSet | IR |
| CreateObjectResult | AggregateEntity [4] | None | SimulationManager | None | CreateObjectResult | IR |
| MunitionDetonation | MilitaryPlatformEntity Soldier | None | PhysicalEntity | AccelerationVector AngularVelocityVector DamageState Immobilized Orientation Position VelocityVector | ArticulatedPartsArray ArticulatedPartsCount DetonationLocation DetonationResult EventID FiringObjectID FinalVelocityVector FuseType MunitionObjectID MunitionType QuantityFired RateOfFire RelativeDetonationLocation TargetObjectID | IR |

| Interaction Structure | Initiating Object | | Receiving Object/Area | | Interaction Parameters | Init/Sense/React |
|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|--------------------------|------------------|
| | Class | Affected Attributes | Class | Affected Attributes | | |
| RadioSignal | RadioTransmitter | None | RadioReceiver | None | WarheadType | IR |
| | | | | | EncodingScheme | |
| | | | | | HostRadioID | |
| | | | | | SampleCount | |
| | | | | | SampleRate | |
| | | | | | SignalData | |
| | | | | | SignalDataLength | |
| RemoveObjectRequest | SimulationManager | None | AggregateEntity [4] | None | TacticalDataLinkType | IR |
| | | | | | ObjectCount | |
| | | | | | ObjectIDs | |
| RemoveObjectResult WeaponFire | AggregateEntity [4] MilitaryEntity | None None | SimulationManager None | None None | RemoveObjectResult | IR |
| | | | | | EventID | |
| | | | | | FireControlSolutionRange | |
| | | | | | FireMissionIndex | |
| | | | | | FiringLocation | |
| | | | | | FiringObjectID | |
| | | | | | FuseType | |
| | | | | | InitialVelocityVector | |
| | | | | | MunitionObjectID | |
| | | | | | MunitionType | |
| | | | | | QuantityFired | |
| | | | | | RateOfFire | |
| | | | | | TargetObjectID | |
| | | | | | WarheadType | |

| Object/Interaction | Attribute/Parameter | Datatype | Cardinality | Units | Resolution | Accuracy | Accuracy Condition | Update Type | Update Condition |
|--------------------|--------------------------|------------------------|-------------|------------|------------|----------|--------------------|-------------|------------------------|
| AggregateEntity | AggregateMarking | MarkingStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Static | N/A |
| | AggregateState | AggregateStateEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| | Dimensions | DimensionStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | AggSizeChange |
| | EntityIDs | unsigned long [5] | 0+ | N/A | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| | ForceID | ForceIDEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Static | N/A |
| | Formation | FormationEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| | NumberOfEntities | unsigned short | 1 | N/A | 1 | perfect | always | Conditional | On change |
| | NumberOfSilentAggregates | unsigned short | 1 | N/A | 1 | perfect | always | Conditional | On change |
| | NumberOfSilentEntities | unsigned short | 1 | N/A | 1 | perfect | always | Conditional | On change |
| | NumberOfSubAggregates | unsigned short | 1 | N/A | 1 | perfect | always | Conditional | On change |
| | NumberOfVariableDatums | unsigned short | 1 | N/A | 1 | perfect | always | Conditional | On change |
| | SilentAggregates | SilentEntityStruct | 1 | N/A | 1 | perfect | always | Conditional | On change |
| | SilentEntities | SilentEntityStruct | 0+ | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| | SubAggregateIDs | unsigned long [5] | 0+ | N/A | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| | VariableDatums | VariableDatumStruct | 0+ | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| BaseEntity | AccelerationVector | AccelerationStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | AccelerationChange |
| | AngularVelocityVector | AngVelocityStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | AngVelocityChange |
| | DRAAlgorithm | DRAAlgorithmEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| | EntityType | EntityTypeStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Static | N/A |
| | FederateID | FederateIDStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Static | N/A |
| | IsFrozen | boolean | 1 | TRUE/FALSE | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| | Orientation | OrientationStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | OrientationChange |
| | Position | PositionStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | PositionChange |
| | VelocityVector | VelocityStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | VelocityChange |
| | CodeName | CodeNameEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Static | N/A |
| | DesignatedObject | unsigned long [5] | 1 | N/A | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| | DesignatorCode | DesignatorCodeEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| | DesignatorID | unsigned long [5] | 1 | N/A | N/A | perfect | always | Static | N/A |
| | DesignatorPower | float | 1 | Watts | N/A | perfect | always | Conditional | > DS_PWR_THRSH |
| | DesignatorSpotLocation | PositionStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | DesignPositionChange |
| Designator | DesignatorWavelength | float | 1 | Microns | N/A | perfect | always | Static | N/A |
| | DRAAlgorithm | DRAAlgorithmEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Static | N/A |
| | RelativeSpotLocation | RelativePositionStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | RelDesigPositionChange |

RPR-FOM
Version 0.1.7

| Object/Interaction | Attribute/Parameter | Datatype | Cardinality | Units | Resolution | Accuracy | Accuracy Condition | Update Type | Update Condition |
|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------|------------|------------|----------|--------------------|-------------|--------------------------|
| EmbeddedSystem | SpotLinearAcceleration | AccelerationStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | DesignAccelerationChange |
| | FederateID | FederateIDStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Static | N/A |
| | HostObjectID | unsigned long [5] | 1 | N/A | N/A | perfect | always | Static | N/A |
| | RelativePosition | RelativePositionStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| | AzimuthCenter | float | 1 | radians | | perfect | always | Conditional | > EE AZ THRESH |
| EmitterBeam | AzimuthSweep | float | 1 | radians | | perfect | always | Conditional | > EE AZ THRESH |
| | BeamFunction | BeamFunctionEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| | BeamID | octet | 1 | N/A | N/A | perfect | always | Static | N/A |
| | BeamParameterIndex | unsigned short | 1 | N/A | 1 | perfect | always | Conditional | On change |
| | ElevationCenter | float | 1 | radians | | perfect | always | Conditional | > EE EL THRESH |
| | ElevationSweep | float | 1 | radians | | perfect | always | Conditional | > EE EL THRESH |
| | EmittingSystemID | unsigned long [5] | 1 | N/A | N/A | perfect | always | Static | N/A |
| | ERP | float | 1 | dBm | | perfect | always | Conditional | EmiERPChange |
| | FederateID | FederateIDStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Static | N/A |
| | Frequency | float | 1 | Hz | | perfect | always | Conditional | > EE FREQ THRESH |
| | FrequencyRange | float | 1 | Hz | | perfect | always | Conditional | > EE FRNG THRESH |
| | PRF | float | 1 | Hz | | perfect | always | Conditional | > EE PRF THRESH |
| | PulseWidth | float | 1 | microsec | | perfect | always | Conditional | > EE PW THRESH |
| | SweepSynch | float | 1 | % | | perfect | always | Periodic | HRT BEAT TIMER secs |
| | EmitterFunction | EmitterFunctionEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| EmitterSystem | EmitterName | EmitterNameEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Static | N/A |
| EnvironmentEntity [1] | EmitterNumber | octet | 1 | N/A | 1 | perfect | always | Static | N/A |
| | BoundingVolume | BoundingVolumeStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | EnvBVChange |
| | GeometryDefinitionArray | GeometryShapeStruct | 0+ | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | EnvGeoChange |
| MilitaryEntity | NumberOfGeometries | unsigned short | 1 | N/A | 1 | perfect | always | Conditional | On change |
| | AlternateEntityType | EntityTypeStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Static | N/A |
| | CamouflageType | boolean | 1 | TRUE/FALSE | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| | FirePowerDisabled | boolean | 1 | TRUE/FALSE | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| MilitaryPlatformEntity | ForceID | ForceIDEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Static | N/A |
| | IsConcealed | boolean | 1 | TRUE/FALSE | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| | AfterburnerOn | boolean | 1 | TRUE/FALSE | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| | HasAmmunitionSupplyCap | boolean | 1 | TRUE/FALSE | N/A | perfect | always | Static | N/A |
| | LauncherRaised | boolean | 1 | TRUE/FALSE | N/A | perfect | always | Conditional | On change |

RPR-FOM

Version 0.1.7

Attribute/Parameter Table

| Object/Interaction | Attribute/Parameter | Datatype | Cardinality | Units | Resolution | Accuracy | Accuracy Condition | Update Type | Update Condition |
|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------|---------------|------------|----------|--------------------|-------------|----------------------|
| MunitionEntity PhysicalEntity [1] | LauncherFlashPresent | boolean | 1 | TRUE/FALSE | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| | ArticulatedParametersArray | ArticulatedParameterStruct | 0+ | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| | ArticulatedParametersCount | unsigned short | 1 | N/A | 1 | perfect | always | Static | N/A |
| | DamageState | DamageStateEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| | EngineSmokeOn | boolean | 1 | TRUE/FALSE | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| | FlamesPresent | boolean | 1 | TRUE/FALSE | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| | HasFuelSupplyCap | boolean | 1 | TRUE/FALSE | N/A | perfect | always | Static | N/A |
| | HasRecoveryCap | boolean | 1 | TRUE/FALSE | N/A | perfect | always | Static | N/A |
| | HasRepairCap | boolean | 1 | TRUE/FALSE | N/A | perfect | always | Static | N/A |
| | HatchState | HatchStateEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| | Immobilized | boolean | 1 | TRUE/FALSE | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| | LifformState | LifformStateEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| | LightsState | LightStateEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| | Marking | MarkingStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Static | N/A |
| | PowerPlantOn | boolean | 1 | TRUE/FALSE | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| | RampDeployed | boolean | 1 | TRUE/FALSE | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| | SmokePlumePresent | boolean | 1 | TRUE/FALSE | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| RadioReceiver | TentDeployed | boolean | 1 | TRUE/FALSE | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| | TrailState | TrailStateEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| | RadioNumber | unsigned short | 1 | N/A | N/A | perfect | always | Static | N/A |
| | ReceivedPower | float | 1 | dB-milliwatts | | perfect | always | Conditional | > RX PWR THRESH |
| | ReceivedTransmitter | unsigned long [5] | 1 | N/A | N/A | perfect | always | Static | N/A |
| | ReceiverState | ReceiveStateEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| | AntennaPattern | AntennaPatternStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| | AntennaPatternType | AntennaPatternEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| | CryptoKeyID | unsigned short | 1 | N/A | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| | CryptoSystem | CryptoSystemEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Static | N/A |
| RadioTransmitter | DetailedModulationType | DetailedModulationEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Static | N/A |
| | Frequency | UnsignedInteger64 | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | > RADIO FREQ THRESH |
| | FrequencyBandwidth | float | 1 | Hz | | perfect | always | Conditional | > RADIO FBAND THRESH |
| | FrequencyHopInUse | boolean | 1 | TRUE/FALSE | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| | InputSource | InputSourceEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| | ModulationParameterCount | octet | 1 | N/A | N/A | perfect | always | Conditional | On change |

RPR-FOM

Version 0.1.7

| Object/Interaction | Attribute/Parameter | Datatype | Cardinality | Units | Resolution | Accuracy | Accuracy Condition | Update Type | Update Condition |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------|---------------|------------|----------|--------------------|-------------|--------------------|
| TrackJamBeam | ModulationParameters | ModulationStruct | 0+ | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| | MajorModulationType | MajorModulationEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| | ModulationSystemType | ModulationSystemEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| | Power | float | 1 | dB-milliwatts | N/A | perfect | always | Conditional | > RADIO PWR THRESH |
| | PseudoNoiseSpectrumInUs | boolean | 1 | TRUE/FALSE | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| | RadioNumber | unsigned short | 1 | N/A | N/A | perfect | always | Static | N/A |
| | RadioTransmitterID | unsigned long [5] | 1 | N/A | N/A | perfect | always | Static | N/A |
| | RadioType | RadioTypeStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Static | N/A |
| | TimeHopInUse | boolean | 1 | TRUE/FALSE | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| | TransmitState | TransmitStateEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| Soldier | PrimaryWeaponState | WeaponStateEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| | SecondaryWeaponState | WeaponStateEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | Conditional | On change |
| TrackJamBeam | JammingModeSequence | unsigned long | 1 | N/A | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| | NumberOfTrackJamObjects | octet | 1 | N/A | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| | TrackJamObjectIDs | unsigned long [5] | 1+ | N/A | N/A | perfect | always | Conditional | On change |
| | TrackOrJammer | boolean | 1 | TRUE/FALSE | N/A | perfect | always | Static | N/A |
| | SimulationManagerName | string | 1 | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| SimulationManager | ObjectCount | unsigned short | 1 | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| | ObjectIDs | unsigned long | 1+ | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| ActionRequest | Action | ActionEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | ActionResult | ActionResultEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| AttributeChangeRequest | ObjectCount | unsigned short | 1 | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| | ObjectIDs | unsigned long | 1+ | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| AttributeChangeResult [3] | AttributeValueSet | AttributeValueSetStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | ObjectID | unsigned long | 1 | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| Collision | AttributeChangeResult | AttributeChangeResultEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | AttributeValueSet | AttributeValueSetStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Collision | CollidingObjectID | unsigned long | 1 | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| | CollidingObjectMass | float | 1 | kilograms | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| | CollidingObjectVelocity | VelocityStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | CollisionType | CollisionTypeEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | CollisionLocation | PositionStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | EventID | EventIDStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |

RPR-FOM
Version 0.1.7

Attribute/Parameter Table

| Object/Interaction | Attribute/Parameter | Datatype | Cardinality | Units | Resolution | Accuracy | Accuracy Condition | Update Type | Update Condition |
|---------------------|----------------------------|----------------------------|-------------|-------------|------------|----------|--------------------|-------------|------------------|
| CreateObjectRequest | IssuingObjectID | unsigned long | 1 | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| | ObjectClass | unsigned long | 1 | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| | AttributeValueSet | AttributeValueSetStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | CreateObjectResult | CreateObjectResultEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | ArticulatedPartsArray | ArticulatedParameterStruct | 0+ | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | ArticulatedPartsCount | octet | 1 | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| | DetonationLocation | PositionStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | DetonationResult | DetonationResultEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | EventID | EventIDStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | FiringObjectID | unsigned long | 1 | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| RadioSignal | FinalVelocityVector | VelocityStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | Fuse Type | FuseTypeEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | MunitionObjectID | unsigned long | 1 | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| | MunitionType | EntityTypeStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | QuantityFired | unsigned short | 1 | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| | RateOfFire | unsigned short | 1 | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| | RelativeDetonationLocation | RelativePositionStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | TargetObjectID | unsigned long | 1 | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| | WarheadType | WarheadTypeEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | EncodingScheme | EncodingSchemeEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| RemoveObjectRequest | HostRadiolID | unsigned long | 1 | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| | SampleCount | unsigned short | 1 | N/A | 1 | perfect | always | N/A | N/A |
| | SampleRate | unsigned long | 1 | bits/second | 1 | perfect | always | N/A | N/A |
| | SignalData | octet | 1+ | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| | SignalDataLength | unsigned short | 1 | N/A | 1 | perfect | always | N/A | N/A |
| | TacticalDataLinkType | TacticalDataLinkTypeEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | ObjectCount | unsigned short | 1 | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| | ObjectIDs | unsigned long | 1+ | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| | RemoveObjectResult | RemoveObjectResultEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | EventID | EventIDStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| WeaponFire | FireControlSolutionRange | float | 1 | metres | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| | FireMissionIndex | unsigned long | 1 | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| | FireInLocation | PositionStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |

| Object/Interaction | Attribute/Parameter | Datatype | Cardinality | Units | Resolution | Accuracy | Accuracy Condition | Update Type | Update Condition |
|--------------------|-----------------------|-----------------|-------------|-------|------------|----------|--------------------|-------------|------------------|
| | FiringObjectID | unsigned long | 1 | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| | Fuse Type | FuseTypeEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | InitialVelocityVector | VelocityStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | MunitionObjectID | unsigned long | 1 | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| | MunitionType | EntityTypeEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | QuantityFired | unsigned short | 1 | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| | RateOfFire | unsigned short | 1 | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| | TargetObjectID | unsigned long | 1 | N/A | N/A | perfect | always | N/A | N/A |
| | WarheadType | WarheadTypeEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |

RPR-FOM

Version 0.1.7

| Identifier | Enumerator | Representation |
|---------------------|------------------------------|----------------|
| AggregateStateEnum | Other | 0 |
| | Aggregated | 1 |
| | Disaggregated | 2 |
| | FullyDisaggregated | 3 |
| | PseudoDisaggregated | 4 |
| AntennaPatternEnum | PartiallyDisaggregated | 5 |
| | Other | 0 |
| | OmniDirectional | 1 |
| | Beam | 2 |
| | SphericalHarmonic | 3 |
| ArticulatedTypeEnum | Other | 0 |
| | Rudder | 1024 |
| | LeftFlap | 1056 |
| | RightFlap | 1088 |
| | LeftAileron | 1120 |
| | RightAileron | 1152 |
| | HelicopterMainRotor | 1184 |
| | HelicopterTailRotor | 1216 |
| | OtherAircraftControlSurfaces | 1248 |
| | Periscope | 2048 |
| | GenericAntenna | 2080 |
| | Snorkel | 2112 |
| | OtherExtendableParts | 2144 |
| | LandingGear | 3072 |
| | TailHook | 3104 |
| | SpeedBrake | 3136 |
| | LeftWeaponBayDoors | 3168 |
| | RightWeaponBayDoors | 3200 |
| | TankOrAPChatch | 3232 |
| | Wingsweep | 3264 |
| | BridgeLauncher | 3296 |
| | BridgeSection1 | 3328 |
| | BridgeSection2 | 3360 |
| | BridgeSection3 | 3392 |
| | PrimaryBlade1 | 3424 |
| | PrimaryBlade2 | 3456 |

RPR-FOM

Version 0.1.7

| Identifier | Enumerator | Representation |
|------------|-------------------------|----------------|
| | PrimaryBoom | 3488 |
| | PrimaryLauncherArm | 3520 |
| | OtherFixedPositionParts | 3552 |
| | PrimaryTurretNumber1 | 4096 |
| | PrimaryTurretNumber2 | 4128 |
| | PrimaryTurretNumber3 | 4160 |
| | PrimaryTurretNumber4 | 4192 |
| | PrimaryTurretNumber5 | 4224 |
| | PrimaryTurretNumber6 | 4256 |
| | PrimaryTurretNumber7 | 4288 |
| | PrimaryTurretNumber8 | 4320 |
| | PrimaryTurretNumber9 | 4352 |
| | PrimaryTurretNumber10 | 4384 |
| | PrimaryGunNumber1 | 4416 |
| | PrimaryGunNumber2 | 4448 |
| | PrimaryGunNumber3 | 4480 |
| | PrimaryGunNumber4 | 4512 |
| | PrimaryGunNumber5 | 4544 |
| | PrimaryGunNumber6 | 4576 |
| | PrimaryGunNumber7 | 4608 |
| | PrimaryGunNumber8 | 4640 |
| | PrimaryGunNumber9 | 4672 |
| | PrimaryGunNumber10 | 4704 |
| | PrimaryLauncher1 | 4736 |
| | PrimaryLauncher2 | 4768 |
| | PrimaryLauncher3 | 4800 |
| | PrimaryLauncher4 | 4832 |
| | PrimaryLauncher5 | 4864 |
| | PrimaryLauncher6 | 4896 |
| | PrimaryLauncher7 | 4928 |
| | PrimaryLauncher8 | 4960 |
| | PrimaryLauncher9 | 4992 |
| | PrimaryLauncher10 | 5024 |
| | PrimaryDefenseSystems1 | 5056 |
| | PrimaryDefenseSystems2 | 5088 |
| | PrimaryDefenseSystems3 | 5120 |

RPR-FOM

Version 0.1.7

| Identifier | Enumerator | Representation |
|------------|-------------------------|----------------|
| | PrimaryDefenseSystems4 | 5152 |
| | PrimaryDefenseSystems5 | 5184 |
| | PrimaryDefenseSystems6 | 5216 |
| | PrimaryDefenseSystems7 | 5248 |
| | PrimaryDefenseSystems8 | 5280 |
| | PrimaryDefenseSystems9 | 5312 |
| | PrimaryDefenseSystems10 | 5344 |
| | PrimaryRadar1 | 5376 |
| | PrimaryRadar2 | 5408 |
| | PrimaryRadar3 | 5440 |
| | PrimaryRadar4 | 5472 |
| | PrimaryRadar5 | 5504 |
| | PrimaryRadar6 | 5536 |
| | PrimaryRadar7 | 5568 |
| | PrimaryRadar8 | 5600 |
| | PrimaryRadar9 | 5632 |
| | PrimaryRadar10 | 5664 |
| | SecondaryTurretNumber1 | 5696 |
| | SecondaryTurretNumber2 | 5728 |
| | SecondaryTurretNumber3 | 5760 |
| | SecondaryTurretNumber4 | 5792 |
| | SecondaryTurretNumber5 | 5824 |
| | SecondaryTurretNumber6 | 5856 |
| | SecondaryTurretNumber7 | 5888 |
| | SecondaryTurretNumber8 | 5920 |
| | SecondaryTurretNumber9 | 5952 |
| | SecondaryTurretNumber10 | 5984 |
| | SecondaryGunNumber1 | 6016 |
| | SecondaryGunNumber2 | 6048 |
| | SecondaryGunNumber3 | 6080 |
| | SecondaryGunNumber4 | 6112 |
| | SecondaryGunNumber5 | 6144 |
| | SecondaryGunNumber6 | 6176 |
| | SecondaryGunNumber7 | 6208 |
| | SecondaryGunNumber8 | 6240 |
| | SecondaryGunNumber9 | 6272 |

RPR-FOM

Version 0.1.7

| Identifier | Enumerator | Representation |
|------------------|---------------------------|----------------|
| | SecondaryGunNumber10 | 6304 |
| | SecondaryLauncher1 | 6336 |
| | SecondaryLauncher2 | 6368 |
| | SecondaryLauncher3 | 6400 |
| | SecondaryLauncher4 | 6432 |
| | SecondaryLauncher5 | 6464 |
| | SecondaryLauncher6 | 6496 |
| | SecondaryLauncher7 | 6528 |
| | SecondaryLauncher8 | 6560 |
| | SecondaryLauncher9 | 6592 |
| | SecondaryLauncher10 | 6624 |
| | SecondaryDefenseSystems1 | 6656 |
| | SecondaryDefenseSystems2 | 6688 |
| | SecondaryDefenseSystems3 | 6720 |
| | SecondaryDefenseSystems4 | 6752 |
| | SecondaryDefenseSystems5 | 6784 |
| | SecondaryDefenseSystems6 | 6816 |
| | SecondaryDefenseSystems7 | 6848 |
| | SecondaryDefenseSystems8 | 6880 |
| | SecondaryDefenseSystems9 | 6912 |
| | SecondaryDefenseSystems10 | 6944 |
| | SecondaryRadar1 | 6976 |
| | SecondaryRadar2 | 7008 |
| | SecondaryRadar3 | 7040 |
| | SecondaryRadar4 | 7072 |
| | SecondaryRadar5 | 7104 |
| | SecondaryRadar6 | 7136 |
| | SecondaryRadar7 | 7168 |
| | SecondaryRadar8 | 7200 |
| | SecondaryRadar9 | 7232 |
| | SecondaryRadar10 | 7264 |
| BeamFunctionEnum | Other | 0 |
| | Search | 1 |
| | HeightFinder | 2 |
| | Acquisition | 3 |
| | Tracking | 4 |

Version 0.1.7

| Identifier | Enumerator | Representation |
|--|--------------------------------|----------------|
| | AcquisitionAndTracking | 5 |
| | CommandGuidance | 6 |
| | Illumination | 7 |
| | RangeOnlyRadar | 8 |
| | MissileBeacon | 9 |
| | MissileFuze | 10 |
| | ActiveRadarMissileSeeker | 11 |
| | Jammer | 12 |
| | Other | 0 |
| | Other | 0 |
| | TBD | 1 |
| | Inelastic | 0 |
| | Elastic | 1 |
| | Other | 2 |
| | Other | 0 |
| CryptoSystemEnum | KY_28 | 1 |
| | KY_58 | 2 |
| | NarrowSpectrumSecureVoice_NSVE | 3 |
| | WideSpectrumSecureVoice_WSVE | 4 |
| DamageStateEnum | SINGARS_ICOM | 5 |
| | NoDamage | 0 |
| | SlightDamage | 1 |
| | ModerateDamage | 2 |
| | Destroyed | 3 |
| DatumIDEnum | Other | 0 |
| | Other | 0 |
| DesignatorCodeEnum | TBD | 1 |
| | Other | 0 |
| DetailedModulationEnum DetonationResultEnum | Other | 0 |
| | EntityImpact | 1 |
| | EntityProximateDetonation | 2 |
| | GroundImpact | 3 |
| | GroundProximateDetonation | 4 |
| | Detonation | 5 |
| | None | 6 |
| | HF hit Small | 7 |

RPR-FOM

Version 0.1.7

| Identifier | Enumerator | Representation |
|---------------------|--------------------------------------|----------------|
| DRAAlgorithmEnum | HE_hit_Medium | 8 |
| | HE_hit_Large | 9 |
| | ArmorPiercingHit | 10 |
| | DirtBlast_Small | 11 |
| | DirtBlast_Medium | 12 |
| | DirtBlast_Large | 13 |
| | WaterBlast_Small | 14 |
| | WaterBlast_Medium | 15 |
| | WaterBlast_Large | 16 |
| | AirHit | 17 |
| | BuildingHit_Small | 18 |
| | BuildingHit_Medium | 19 |
| | BuildingHit_Large | 20 |
| | MineClearingLineCharge | 21 |
| | EnvironmentObjectImpact | 22 |
| | EnvironmentObjectProximateDetonation | 23 |
| | WaterImpact | 24 |
| | AirBurst | 25 |
| | Other | 0 |
| | Static | 1 |
| | DRM_FPW | 2 |
| | DRM_RPW | 3 |
| | DRM_RVW | 4 |
| | DRM_FVW | 5 |
| | DRM_FPB | 6 |
| | DRM_RPB | 7 |
| | DRM_RVB | 8 |
| | DRM_FVB | 9 |
| EmitterFunctionEnum | Other | 0 |
| | MultiFunction | 1 |
| | EarlyWarningSurveillance | 2 |
| | HeightFinding | 3 |
| | FireControl | 4 |
| | AcquisitionDetection | 5 |
| | Tracking | 6 |
| | GuidanceIllumination | 7 |

RPR-FOM
Version 0.1.7

| Identifier | Enumerator | Representation |
|------------|--------------------------------|----------------|
| | FiringPointLaunchPointLocation | 8 |
| | Ranging | 9 |
| | RadarAltimeter | 10 |
| | Imaging | 11 |
| | MotionDetection | 12 |
| | Navigation | 13 |
| | Weather | 14 |
| | Instrumentation | 15 |
| | IdentificationClassification | 16 |
| | JammingNoise | 64 |
| | JammingDeception | 65 |
| | Decoy | 66 |
| | WeaponNonLethal | 96 |
| | WeaponLethal | 97 |
| | Other | 0 |
| | Other | 0 |
| | Other | 0 |
| | EntityDomainEnum | 0 |
| | EntityExtraEnum | 0 |
| | EntityKindEnum | 0 |
| | EntitySpecificEnum | 0 |
| | EntitySubcategoryEnum | 0 |
| | Other | 0 |
| | Idle | 0 |
| | Running | 1 |
| | Saving | 2 |
| | Restoring | 3 |
| | Damaged | 4 |
| | Joining | 5 |
| | Resigning | 6 |
| | Resigned | 7 |
| | Idle | 0 |
| | Running | 1 |
| | Saving | 2 |
| | Restoring | 3 |
| | Other | 0 |
| | Friendly | 1 |

RPR-FOM

Version 0.1.7

| Identifier | Enumerator | Representation |
|---------------|--------------------------------------|----------------|
| FormationEnum | Opposing | 2 |
| | Neutral | 3 |
| | Other | 0 |
| | Assembly | 1 |
| | Vee | 2 |
| | Wedge | 3 |
| | Line | 4 |
| | Column | 5 |
| | Other | 0 |
| | IntelligentInfluence | 10 |
| FuseTypeEnum | Sensor | 20 |
| | SelfDestruct | 30 |
| | UltraQuick | 40 |
| | Body | 50 |
| | DeepIntrusion | 60 |
| | Multifunction | 100 |
| | PointDetonation_PD | 200 |
| | BaseDetonation_BD | 300 |
| | Contact | 1000 |
| | ContactInstantImpact | 1100 |
| | ContactDelayed | 1200 |
| | ContactElectronicObliqueContact | 1300 |
| | ContactGraze | 1400 |
| | ContactCrush | 1500 |
| | ContactHydrostatic | 1600 |
| | ContactMechanical | 1700 |
| | ContactChemical | 1800 |
| | ContactPiezoelectric | 1900 |
| | ContactPointInitiating | 1910 |
| | ContactPointInitiatingBaseDetonating | 1920 |
| | ContactBaseDetonating | 1930 |
| | ContactBallisticCapAndBase | 1940 |
| | ContactBase | 1950 |
| | ContactNose | 1960 |
| | ContactFittedInStandoffProbe | 1970 |
| | ContactNonAligned | 1980 |

RPR-FOM

Version 0.1.7

| Identifier | Enumerator | Representation |
|------------|------------------------------------|----------------|
| | Timed | 2000 |
| | TimedProgrammable | 2100 |
| | TimedBurnout | 2200 |
| | TimedPyrotechnic | 2300 |
| | TimedElectronic | 2400 |
| | TimedBaseDelay | 2500 |
| | TimedReinforcedNoseImpactDelay | 2600 |
| | TimedShortDelayImpact | 2700 |
| | TimedNoseMountedVariableDelay | 2800 |
| | TimedLongDelaySide | 2900 |
| | TimedSelectableDelay | 2910 |
| | TimedImpact | 2920 |
| | TimedSequence | 2930 |
| | Proximity | 3000 |
| | ProximityActiveLaser | 3100 |
| | ProximityMagneticMagnetpolarity | 3200 |
| | ProximityActiveDopplerRadar | 3300 |
| | ProximityRadioFrequencyRF | 3400 |
| | ProximityProgrammable | 3500 |
| | ProximityProgrammablePrefragmented | 3600 |
| | ProximityInfrared | 3700 |
| | Command | 4000 |
| | CommandElectronicRemotelySet | 4100 |
| | Altitude | 5000 |
| | AltitudeRadioAltimeter | 5100 |
| | AltitudeAirBurst | 5200 |
| | Depth | 6000 |
| | Acoustic | 7000 |
| | Pressure | 8000 |
| | PressureDelay | 8010 |
| | Inert | 8100 |
| | Dummy | 8110 |
| | Practice | 8120 |
| | PlugRepresenting | 8130 |
| | Training | 8150 |
| | Pyrotechnic | 9000 |

RPR-FOM

Version 0.1.7

| Identifier | Enumerator | Representation |
|-------------------|--|----------------|
| HatchStateEnum | PyrotechnicDelay | 9010 |
| | ElectroOptical | 9100 |
| | ElectroMechanical | 9110 |
| | ElectroMechanicalNose | 9120 |
| | Strikerless | 9200 |
| | StrikerlessNoseImpact | 9210 |
| | StrikerlessCompressionIgnition | 9220 |
| | CompressionIgnition | 9300 |
| | CompressionIgnitionStrikerlessNoseImpact | 9310 |
| | Percussion | 9400 |
| | PercussionInstantaneous | 9410 |
| | Electronic | 9500 |
| | ElectronicInternallyMounted | 9510 |
| | ElectronicRangeSetting | 9520 |
| | ElectronicProgrammed | 9530 |
| | Mechanical | 9600 |
| | MechanicalNose | 9610 |
| | MechanicalTail | 9620 |
| | NotApplicable | 0 |
| | PrimaryHatchIsClosed | 1 |
| | PrimaryHatchIsPopped | 2 |
| LifeformStateEnum | PrimaryHatchIsPoppedAndPersonIsVisibleUnderHatch | 3 |
| | PrimaryHatchIsOpen | 4 |
| | PrimaryHatchIsOpenAndPersonIsVisible | 5 |
| | NotApplicable | 0 |
| | UprightStandingStill | 1 |
| | UprightWalking | 2 |
| | UprightRunning | 3 |
| | Kneeling | 4 |
| | Prone | 5 |
| | Crawling | 6 |
| | Swimming | 7 |
| | Parachuting | 8 |
| | Jumping | 9 |
| | Sitting | 10 |
| | Squatting | 11 |

RPR-FOM

Version 0.1.7

| Identifier | Enumerator | Representation |
|----------------------|---------------------------|----------------|
| LightStateEnum | Crouching | 12 |
| | Wading | 13 |
| | Other | 0 |
| | Other | 0 |
| MajorModulationEnum | Amplitude | 1 |
| | AmplitudeAndAngle | 2 |
| | Angle | 3 |
| | Combination | 4 |
| | Pulse | 5 |
| | Unmodulated | 6 |
| | Other | 0 |
| ModulationSystemEnum | Generic | 1 |
| | HQ | 2 |
| | HQII | 3 |
| | HQIIA | 4 |
| | SINGARS | 5 |
| | CCTT_SINGARS | 6 |
| | Other | 0 |
| | Other | 0 |
| | Other | 0 |
| | Dummy | 0 |
| MunitionTypeEnum | Off | 0 |
| | OnButNotReceiving | 1 |
| | OnAndReceiving | 2 |
| | Dummy | 0 |
| ReferenceSystemEnum | Off | 0 |
| | OnButNotTransmitting | 1 |
| | OnAndTransmitting | 2 |
| | Other | 0 |
| WarheadTypeEnum | Other | 0 |
| | CargoVariableSubmunitions | 10 |
| | FuelAirExplosive | 20 |
| | GlassBlads | 30 |
| | Warhead_1um | 31 |
| | Warhead_5um | 32 |
| | Warhead_10um | 33 |
| | | |
| | | |
| | | |

RPR-FOM
Version 0.1.7

| Identifier | Enumerator | Representation |
|------------|-----------------------------------|----------------|
| | HighExplosive | 1000 |
| | HE_Plastic | 1100 |
| | HE_Incendiary | 1200 |
| | HE_Fragmentation | 1300 |
| | HE_Antitank | 1400 |
| | HE_Bomblets | 1500 |
| | HE_ShapedCharge | 1600 |
| | HE_ContinuousRod | 1610 |
| | HE_TungstenBall | 1615 |
| | HE_BlastFragmentation | 1620 |
| | HE_SteerableDartswithHE | 1625 |
| | HE_Darts | 1630 |
| | HE_Flechettes | 1635 |
| | HE_DirectedFragmentation | 1640 |
| | HE_SemiArmorPiercing | 1645 |
| | HE_ShapedChargeFragmentation | 1650 |
| | HE_SemiArmorPiercingFragmentation | 1655 |
| | HE_HollowCharge | 1660 |
| | HE_DoubleHollowCharge | 1665 |
| | HE_GeneralPurpose | 1670 |
| | HE_BlastPenetrator | 1675 |
| | HE_RodPenetrator | 1680 |
| | HE_Antipersonnel | 1685 |
| | Smoke | 2000 |
| | Illumination | 3000 |
| | Practice | 4000 |
| | Kinetic | 5000 |
| | Mines | 6000 |
| | Nuclear | 7000 |
| | NuclearMT | 7010 |
| | ChemicalGeneral | 8000 |
| | ChemicalBlisterAgent | 8100 |
| | HD_Mustard | 8110 |
| | ThickenedHD_Mustard | 8115 |
| | DustyHD_Mustard | 8120 |
| | ChemicalBloodAgent | 8200 |

RPR-FOM

Version 0.1.7

| Identifier | Enumerator | Representation |
|---------------------------|---|----------------|
| | AC_HCN | 8210 |
| | CK_CNCl | 8215 |
| | CG_Phosgene | 8220 |
| | ChemicalNerveAgent | 8300 |
| | VX | 8310 |
| | ThickenedVX | 8315 |
| | DustyVX | 8320 |
| | GA_Tabun | 8325 |
| | ThickenedGA_Tabun | 8330 |
| | DustyGA_Tabun | 8335 |
| | GB_Sarin | 8340 |
| | ThickenedGB_Sarin | 8345 |
| | DustyGB_Sarin | 8350 |
| | GD_Soman | 8355 |
| | ThickenedGD_Soman | 8360 |
| | DustyGD_Soman | 8365 |
| | GF | 8370 |
| | ThickenedGF | 8375 |
| | DustyGF | 8380 |
| | Biological | 9000 |
| | BiologicalVirus | 9100 |
| | BiologicalBacteria | 9200 |
| | BiologicalRickettsia | 9300 |
| | BiologicalGeneticallyModifiedMicroOrganisms | 9400 |
| | BiologicalToxin | 9500 |
| WeaponStateEnum | NoWeapon | 0 |
| | Stowed | 1 |
| | Deployed | 2 |
| | FiringPosition | 3 |
| ActionEnum | Dummy | 0 |
| ActionResultEnum | Dummy | 0 |
| AttributeChangeResultEnum | Dummy | 0 |
| CreateObjectResultEnum | Dummy | 0 |
| RemoveObjectResultEnum | Dummy | 0 |
| EncodingSchemeEnum | Dummy | 0 |
| TacticalDataLinkTypeEnum | Dummy | 0 |

| Identifier | Enumerator | Representation |
|-----------------|------------|----------------|
| InputSourceEnum | Dummy | 0 |

| Complex Datatype | Field Name | Datatype | Cardinality | Units | Resolution | Accuracy | Accuracy Condition |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------|-----------|------------|----------|--------------------|
| AccelerationStruct | XAcceleration | float | 1 | m/s/s | | perfect | always |
| | YAcceleration | float | 1 | m/s/s | | perfect | always |
| | ZAcceleration | float | 1 | m/s/s | | perfect | always |
| AngVelocityStruct | XAxisRate | float | 1 | radians/s | | perfect | always |
| | YAxisRate | float | 1 | radians/s | | perfect | always |
| | ZAxisRate | float | 1 | radians/s | | perfect | always |
| AntennaPatternStruct | BeamAntenna | BeamAntennaStruct | 0-1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | SphericalHarmonicAntenna | SphericalHarmonicAntennaStruct | 0-1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | ArticulatedParameterType | ArticulatedTypeEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| ArticulatedParameterStruct | ArticulatedParameterChange | octet | 1 | N/A | 1 | perfect | always |
| | PartAttachedTo | unsigned short | 1 | N/A | 1 | perfect | always |
| | ParameterType | ParameterTypeEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| BeamAntennaStruct | ParameterValue | ParameterValueType | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | AzimuthBandwidth | float | 1 | radians | | perfect | always |
| | BeamDirection | OrientationStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | ElevationBeamwidth | float | 1 | radians | | perfect | always |
| | Ex | float | 1 | | | perfect | always |
| | Ez | float | 1 | | | perfect | always |
| | Phase | float | 1 | | | perfect | always |
| | ReferenceSystem | ReferenceSystemEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| BoundingVolumeStruct | Dummy | any | 1 | | | perfect | always |
| DimensionStruct | XAxisLength | float | 1 | metres | | perfect | always |
| | YAxisLength | float | 1 | metres | | perfect | always |
| | ZAxisLength | float | 1 | metres | | perfect | always |
| EntityTypeStruct | EntityKind | EntityKindEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | Domain | EntityDomainEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | Country | EntityCountryEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | Category | EntityCategoryEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | Subcategory | EntitySubcategoryEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | Specific | EntitySpecificEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| EventIDStruct | Extra | EntityExtraEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | EventCount | unsigned short | 1 | N/A | N/A | perfect | always |
| | IssuingObjectID | unsigned long | 1 | N/A | N/A | perfect | always |
| FederateIDStruct | SiteID | unsigned short | 1 | N/A | N/A | perfect | always |
| | ApplicationID | unsigned short | 1 | N/A | N/A | perfect | always |

RPR-FOM

Version 0.1.7

| Complex Datatype | Field Name | Datatype | Cardinality | Units | Resolution | Accuracy | Accuracy Condition |
|--------------------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------|---------|------------|----------|--------------------|
| GeometryShapeStruct | EntityID | unsigned short | 1 | N/A | N/A | perfect | always |
| | DummyGeometry | any | 1 | | | perfect | always |
| | CharacterSet | CharacterSetEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| MarkingStruct | MarkingString | octet | 1 | [2] | | perfect | always |
| | DummyModulation | any | 1 | | | perfect | always |
| | Psi | float | 1 | radians | | perfect | always |
| ModulationStruct | Theta | float | 1 | radians | | perfect | always |
| | Phi | float | 1 | radians | | perfect | always |
| | Dummy | any | 1 | | | perfect | always |
| ParameterValueTypePositionStruct | X | double | 1 | metres | | perfect | always |
| | Y | double | 1 | metres | | perfect | always |
| | Z | double | 1 | metres | | perfect | always |
| RadioTypeStruct | EntityKind | EntityKindEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | Domain | EntityDomainEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | Country | EntityCountryEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Category | Category | EntityCategoryEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | Subcategory | EntitySubcategoryEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | NomenclatureVersion | NomenclatureVersionEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Nomenclature | Nomenclature | NomenclatureEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | BodyX | float | 1 | metres | | perfect | always |
| | BodyY | float | 1 | metres | | perfect | always |
| RelativePositionStruct | BodyZ | float | 1 | metres | | perfect | always |
| | AggregateType | EntityTypeStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | NumberOfAggregatesOfThisType | unsigned short | 1 | N/A | 1 | perfect | always |
| SilentAggregateStruct | Entity Type | Entity TypeStruct | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | NumberOfEntitiesOfThisType | unsigned short | 1 | N/A | 1 | perfect | always |
| | Coefficients | float | 1+ | | | perfect | always |
| SphericalHarmonicAntennaStruct | Order | unsigned short | 1 | N/A | 1 | perfect | always |
| | ReferenceSystem | ReferenceSystemEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | Dummy64 | any | 1 | | | perfect | always |
| UnsignedInteger64VariableDatumStruct | DatumID | DatumIDEnum | 1 | N/A | N/A | N/A | N/A |
| | DatumLength | unsigned long | 1 | N/A | 1 | perfect | always |
| | DatumValue | any | 1 | | | perfect | always |
| VelocityStruct | XVelocity | float | 1 | m/s | | perfect | always |
| | YVelocity | float | 1 | m/s | | perfect | always |

| Complex Datatype | Field Name | Datatype | Cardinality | Units | Resolution | Accuracy | Accuracy Condition |
|-------------------------|-------------------|----------|-------------|-------|------------|----------|--------------------|
| AttributeValueSetStruct | ZVelocity | float | 1 | m/s | | perfect | always |
| | AttributeSetCount | any | 1 | | | perfect | always |

| Term | Definition |
|-----------------------------|---|
| AggregateEntity | An object which is the aggregate of one or more other objects. The objects can be discrete or may be other aggregate objects. |
| BaseEntity | A base class of all scenario domain participants, both aggregate and discrete. The BaseEntity class is intended to be a container for common attributes for entities of all classes. Since it lacks sufficient class specific attributes that are required for simulation purposes it is not expected that any federate shall publish objects of this class. Certain simulation management federates, e.g. viewers, may subscribe to this class. Simulation federates will normally subscribe to one of the subclasses, to gain the extra information required to properly simulate the entity. |
| Designator | A designating function, such as a lasing function to support a laser-guided weapon engagement. |
| EmbeddedSystem | A base class used to associate sensor and emitting systems with their parent entity object. |
| EmitterBeam | |
| EmitterSystem | |
| EnvironmentEntity | |
| MilitaryEntity | |
| MilitaryPlatformEntity | |
| MilitaryAirLandPlatform | A military platform entity that operates mainly in the air, such as aircraft, balloons, etc.. This includes the entities when they are on the ground |
| MilitaryAmphibiousPlatform | A military platform entity that can operate both on the land and the sea |
| MilitaryLandPlatform | A military platform entity that operates wholly on the surface of the earth |
| MilitarySpacePlatform | A military platform entity that operates mainly in space |
| MilitarySeaSurfacePlatform | A military platform entity that operates wholly on the surface of the sea |
| MilitarySubmersiblePlatform | A military platform entity that operates either on the surface of the sea, or beneath it |
| MilitaryMultiDomainPlatform | A military platform entity that operates in more than one domain (excluding those combinations explicitly defined as subclasses of the superclass of this class) |
| MunitionEntity | |
| PhysicalEntity | A base class of all discrete platform scenario domain participants. |
| CivilPlatform | A civilian platform entity |
| Civilian | A civilian (human) |
| CivilAirLandPlatform | A civilian platform entity that operates mainly in the air, such as aircraft, balloons, etc.. This includes the entities when they are on the ground |
| CivilAmphibiousPlatform | A civilian platform entity that can operate both on the land and the sea |
| CivilLandPlatform | A civilian platform entity that operates wholly on the surface of the earth |
| CivilSpacePlatform | A civilian platform entity that operates mainly in space |
| CivilSeaSurfacePlatform | A civilian platform entity that operates wholly on the surface of the sea |
| CivilSubmersiblePlatform | A civilian platform entity that operates either on the surface of the sea, or beneath it |
| CivilMultiDomainPlatform | A civilian platform entity that operates in more than one domain (excluding those combinations explicitly defined as subclasses of the superclass of this class) |
| RadioReceiver | |
| RadioTransmitter | |

| Term | Definition |
|-------------------|--|
| Soldier | |
| TrackJamBeam | |
| SimulationManager | The simulation manager object. This object is not part of the virtual world, rather it is used as the initiating object for simulation management purposes. Simulation management federates should instantiate a single instance of this object class. |

| Term | Definition |
|------------------------|---|
| ActionRequest | |
| ActionResult | |
| AttributeChangeRequest | |
| AttributeChangeResult | |
| Collision | |
| CreateObjectRequest | |
| CreateObjectResult | |
| MunitionDetonation | Communicates information associated with the impact or detonation of a munition |
| RadioSignal | |
| RemoveObjectRequest | |
| RemoveObjectResult | |
| WeaponFire | |

| Class/Interaction | Term | Definition |
|-------------------|--------------------------|---|
| AggregateEntity | AggregateMarking | |
| | AggregateState | |
| | Dimensions | |
| | EntityIDs | |
| | ForceID | |
| | Formation | |
| | NumberOfEntities | |
| | NumberOfSilentAggregates | |
| | NumberOfSilentEntities | |
| | NumberOfSubAggregates | |
| BaseEntity | NumberOfVariableDatums | |
| | SilentAggregates | |
| | SilentEntities | |
| | SubAggregateIDs | |
| | VariableDatums | |
| | AccelerationVector | Linear acceleration vector |
| | AngularVelocityVector | |
| | DRAAlgorithm | Dead reckoning algorithm used by the issuing object |
| | EntityType | |
| | FederateID | |
| Designator | IsFrozen | |
| | Orientation | |
| | Position | |
| | VelocityVector | |
| | CodeName | |
| | DesignatedObject | |
| | DesignatorCode | |
| | DesignatorID | |
| | DesignatorPower | |
| | DesignatorSpotLocation | |
| EmbeddedSystem | DesignatorWavelength | |
| | DRAAlgorithm | |
| | RelativeSpotLocation | |
| | SpotLinearAcceleration | |
| | FederateID | |
| | HostObjectID | |

| Class/Interaction | Term | Definition |
|----------------------------------|----------------------------|------------|
| EmitterBeam | RelativePosition | |
| | AzimuthCenter | |
| | AzimuthSweep | |
| | BeamFunction | |
| | BeamID | |
| | BeamParameterIndex | |
| | ElevationCenter | |
| | ElevationSweep | |
| | EmittingSystemID | |
| | ERP | |
| | FederateID | |
| | Frequency | |
| | FrequencyRange | |
| | PRF | |
| | PulseWidth | |
| | SweepSynch | |
| | EmitterFunction | |
| | EmitterName | |
| EmitterSystem | EmitterNumber | |
| | Bounding Volume | |
| EnvironmentEntity | GeometryDefinitionArray | |
| | NumberOfGeometries | |
| MilitaryEntity | AlternateEntity Type | |
| | Camouflage Type | |
| | FirePowerDisabled | |
| | ForceID | |
| | IsConcealed | |
| | AfterburnerOn | |
| MilitaryPlatformEntity | HasAmmunitionSupplyCap | |
| | LauncherRaised | |
| MunitionEntity PhysicalEntity | LauncherFlashPresent | |
| | ArticulatedParametersArray | |
| | ArticulatedParametersCount | |
| | DamageState | |
| | EngineSmokeOn | |
| | FlamesPresent | |

| Class/Interaction | Term | Definition |
|-------------------|--------------------------|------------|
| RadioReceiver | HasFuelSupplyCap | |
| | HasRecoveryCap | |
| | HasRepairCap | |
| | HatchState | |
| | Immobilized | |
| | LifeformState | |
| | LightsState | |
| | Marking | |
| | PowerPlantOn | |
| | RampDeployed | |
| | SmokePlumePresent | |
| | TentDeployed | |
| | TrailState | |
| | RadioNumber | |
| | ReceivedPower | |
| RadioTransmitter | ReceivedTransmitter | |
| | ReceiverState | |
| | AntennaPattern | |
| | AntennaPatternType | |
| | CryptoKeyID | |
| | CryptoSystem | |
| | DetailedModulationType | |
| | Frequency | |
| | FrequencyBandwidth | |
| | FrequencyHopInUse | |
| | InputSource | |
| | ModulationParameterCount | |
| | ModulationParameters | |
| | MajorModulationType | |
| | ModulationSystemType | |
| | Power | |
| | PseudoNoiseSpectrumInUse | |
| | RadioNumber | |
| | RadioTransmitterID | |
| | RadioType | |
| | TimeHopInUse | |

| Class/Interaction | Term | Definition |
|------------------------|-------------------------|------------|
| Soldier | TransmitState | |
| | PrimaryWeaponState | |
| | SecondaryWeaponState | |
| | JammingModeSequence | |
| TrackJamBeam | NumberOfTrackJamObjects | |
| | TrackJamObjectIDs | |
| | TrackOrJammer | |
| SimulationManager | SimulationManagerName | |
| | ObjectCount | |
| | ObjectIDs | |
| ActionRequest | Action | |
| | ActionResult | |
| AttributeChangeRequest | ObjectCount | |
| | ObjectIDs | |
| AttributeChangeResult | AttributeValueSet | |
| | ObjectID | |
| Collision | AttributeChangeResult | |
| | AttributeValueSet | |
| | CollidingObjectID | |
| | CollidingObjectMass | |
| | CollidingObjectVelocity | |
| | CollisionType | |
| | CollisionLocation | |
| | EventID | |
| | IssuingObjectID | |
| | ObjectClass | |
| CreateObjectRequest | AttributeValueSet | |
| CreateObjectResult | CreateObjectResult | |
| | ArticulatedPartsArray | |
| | ArticulatedPartsCount | |
| | DetonationLocation | |
| | DetonationResult | |
| | EventID | |
| | FiringObjectID | |
| MunitionDetonation | FinalVelocityVector | |
| | FuseType | |

| Class/Interaction | Term | Definition |
|----------------------------------|----------------------------|------------|
| RadioSignal | MunitionObjectID | |
| | MunitionType | |
| | QuantityFired | |
| | RateOfFire | |
| | RelativeDetonationLocation | |
| | TargetObjectID | |
| | WarheadType | |
| | EncodingScheme | |
| | HostRadioID | |
| | SampleCount | |
| RemoveObjectRequest | SampleRate | |
| | SignalData | |
| | SignalDataLength | |
| | TacticalDataLinkType | |
| | ObjectCount | |
| RemoveObjectResult WeaponFire | ObjectIDs | |
| | RemoveObjectResult | |
| | EventID | |
| | FireControlSolutionRange | |
| | FireMissionIndex | |
| | FiringLocation | |
| | FiringObjectID | |
| | FuseType | |
| | InitialVelocityVector | |
| | MunitionObjectID | |
| | MunitionType | |
| | QuantityFired | |
| | RateOfFire | |
| | TargetObjectID | |
| | WarheadType | |

RPR-FOM
Version 0.1.7

| ID | Text |
|----|--|
| 1 | <p>The choice of whether an entity is a physical entity rather than an environmental entity, boils down to whether the entity has a fixed size and shape (i.e. can simulations which need a model of the entity as seen by a sensor, for instance the human eyeball, perform a look up into a model database). If the entity does have a fixed size and shape then it is a PhysicalEntity. If it doesn't, then further information is required to define its size and shape and it is an environment entity.</p> <p>Articulated and attached parts should not be taken into account when determining whether the entity has a fixed size.</p> <p>The terms Physical and Environment are not exclusive. They have been chosen because they best describe the majority of entities that they contain.</p> |
| 2 | <p>The units for the MarkingString are specified by the value of the CharacterSet.</p> |
| 3 | <p>The AttributeChangeResult interaction should be sent in response to an AttributeChangeRequest interaction by any object that is mentioned in the associated object list. The AttributeChangeResult parameter should indicate the success or failure of the object to implement the requested changes. If the object can implement the changes then the AttributeChangeResult parameter should be set to successful and the AttributeValueSet shall be empty.</p> <p>If the object cannot immediately comply with the request, but is likely to be able to comply in the future then the AttributeChangeRequest parameter shall be set to pending and the AttributeValueSet shall be empty. When the object complies with the request (or fails to implement the request) then another AttributeChangeResult interaction shall be sent informing the initiating federate of the result of the request.</p> <p>If the object cannot comply with the request then the AttributeChangeResult parameter shall indicate the reason why the object cannot comply with the request. The AttributeValueSet shall contain the attributes which have been not been set and the current values of those attributes.</p> |
| 4 | <p>Or any other publishable class</p> |
| 5 | <p>This is an RTI Object ID</p> |

REPORT DOCUMENTATION PAGE

(MOD-NL)

| | | |
|---|---|---|
| 1. DEFENCE REPORT NO (MOD-NL) TD97-0394 | 2. RECIPIENT'S ACCESSION NO A95KL841 | 3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO FEL-98-A014 |
| 4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO 25897 | 5. CONTRACT NO A95KL841 | 6. REPORT DATE February 1998 |
| 7. NUMBER OF PAGES 68 (incl 1 appendix, excl RDP & distribution list) | 8. NUMBER OF REFERENCES 6 | 9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED |
| 10. TITLE AND SUBTITLE Gedistribueerde Interactieve Simulatie: Van DIS naar HLA (Distributed Interactive Simulation: From DIS to HLA) | | |
| 11. AUTHOR(S) R.J.D. Elias W.G. de Jong | | |
| 12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO Physics and Electronics Laboratory, PO Box 96864, 2509 JG The Hague, The Netherlands Oude Waalsdorperweg 63, The Hague, The Netherlands | | |
| 13. SPONSORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES) RNLA/DMKL/T&WO, Van der Burchlaan 31, 2597 PC The Hague, The Netherlands | | |
| 14. SUPPLEMENTARY NOTES The classification designation Ongerubriceerd is equivalent to Unclassified, Stg. Confidentieel is equivalent to Confidential and Stg. Geheim is equivalent to Secret. | | |
| 15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS (1044 BYTE)) <p>In this report an outline is given of the ongoing developments of distributed simulation and its standardisation for interoperability of simulations. It highlights the High Level Architecture (HLA) initiative of the DoD DMSO, with its base module, the Run-Time Infrastructure (RTI), which provides for communication between simulation applications.</p> <p>It also discusses the Real-time Platform-level Reference Federation Object Model (RPR-FOM), a proposal for a data standardisation for DIS-like, real-time, human-in-the-loop physical platform simulation in HLA.</p> <p>Finally the Advanced Simulation Framework (ASF) is presented. The ASF is a software infrastructure for the development of distributed simulation applications and provides for a smooth transition from DIS to HLA by shielding the application developer from the underlying distributed simulation standards through a generic application programmer's interface.</p> | | |
| 16. DESCRIPTORS Distributed Simulation Standards Interoperability | | IDENTIFIERS High Level Architecture Run-Time Infrastructure Real-time Platform-level Reference FOM Distributed Interactive Simulation Protocol Data Units |
| 17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT) Ongerubriceerd | 17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE) Ongerubriceerd | 17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT) Ongerubriceerd |
| 18. DISTRIBUTION AVAILABILITY STATEMENT Unlimited Distribution | | 17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES) Ongerubriceerd |

Distributielijst

1. DWOO
2. HWO-KM*
3. HWO-KL
4. HWO-KLu*
5. HWO-CO*
6. DS/CZ, t.a.v. Ir. J.B.J. Orbons
7. DMKL/B&B/T&WO, t.a.v. Ing. F.J. Remmerswaal
8. DM&P TNO-DO
9. Directie TNO-PML*
10. Directie TNO-TM*
- 11 t/m 13. Bibliotheek KMA
14. DMKL/INFO/SIM, t.a.v. Ing. J.J. Smit
15. DMKL/INFO/SIM, t.a.v. Ing. R.W.G. Struiwig
16. Cdt OC Ede, t.a.v. Kol. N.P. le Grand
17. LAS/DB&P/BO/OB, t.a.v. LKol. M.C. de Kruif, vz. ACGOLM
18. LAS/DB&P/BO/OB, t.a.v. Maj. B. Sundquest
19. NATCO/WBU, t.a.v. C.J. Zuurveld
20. DMKM/pHWO-KM, t.a.v. Ir. A. de Jong
21. TNO-TM, t.a.v. Prof.dr.ir. H. Schuffel
22. Directie TNO-FEL, t.a.v. Dr. J.W. Maas
23. Directie TNO-FEL, t.a.v. Ir. J.A. Vogel, daarna reserve
24. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan MPC*
25. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ir. M.J. van de Scheur
26. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Dr. G.J. Jense
27. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ir. R.C. van Rijnsoever
28. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Dr. H.F.R. Arciszewski
29. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ing. D.J. Coetsier
30. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ir. P.C.A. van Gool
31. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Drs. R.G.W. Gouweleeuw
32. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ir. W. Huiskamp
33. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ir. N.H.L. Kuijpers
34. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ir. H.A.M. Luijff
35. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Ir. W.G. de Jong
36. Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Drs. R.J. Elias
37. Documentatie TNO-FEL
- 38 t/m 42. Reserve

Indien binnen de krijgsmacht extra exemplaren van dit rapport worden gewenst door personen of instanties die niet op de verzendlijst voorkomen, dan dienen deze aangevraagd te worden bij het betreffende Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek of, indien het een K-opdracht betreft, bij de Directeur Wetenschappelijk Onderzoek en Ontwikkeling.

* Beperkt rapport (titelblad, managementuitreksel, RDP en distributielijst).